

Abstract of German Patent DE 2809498 C2 for our file no. 29564 US

The German patent DE 2809498 C2 discloses an operation monitoring system for a radar apparatus having a monitoring receiving means for receiving a probe of a transmitting signal of the radar transmitter, wherein the monitoring receiving means is located near the radar antenna. Furthermore, the system comprises a comparator unit for comparing the output of a detector being provided with a transmitting signal probe with a reference value. Furthermore, the system comprises a frequency control loop being connected to the monitoring receiving unit, wherein the frequency control loop feeds a monitoring transmitting unit under control of the output of the comparator unit. The transmitting signals of the monitoring transmitting unit serve for the generation of a test marking in the display unit of the radar receiver. Furthermore, the system comprises switching means for releasing the transmitting signals of the monitoring transmitting unit only in case that the detector output signal reaches a predetermined threshold value being input in the comparator unit.

Munich, January 2005

Best Available Copy

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 2809498 C2

51 Int. Cl. 4:
G01 S 7/40
H 04 B 17/00

21 Aktenzeichen: P 28 09 498.6-35
22 Anmeldetag: 6. 3. 78
43 Offenlegungstag: 14. 9. 78
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 6. 87

DE 2809498 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

30 Unionspriorität: 32 33 31
09.03.77 US 776080

73 Patentinhaber:
Raytheon Co., Lexington, Mass., US

74 Vertreter:
Dorner, J., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 8000 München;
Hufnagel, W., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.,
Pat.-Anw., 8500 Nürnberg

72 Erfinder:
Armstrong, David Garvin, Sudbury, Mass., US;
Bickford, William Joseph, Weston, Mass., US; Kruik,
Ronald Klaas Vander, Winchester, Mass., US;
Zimmer, John Thomas, Harvard, Mass., US

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:
US 29 42 257
Deutsche Patentanmeldung S 38213 Villa/21a4,
bekanntgemacht am 15. März 1956;

54 Betriebsüberwachungssystem für Radaranlagen

DE 2809498 C2

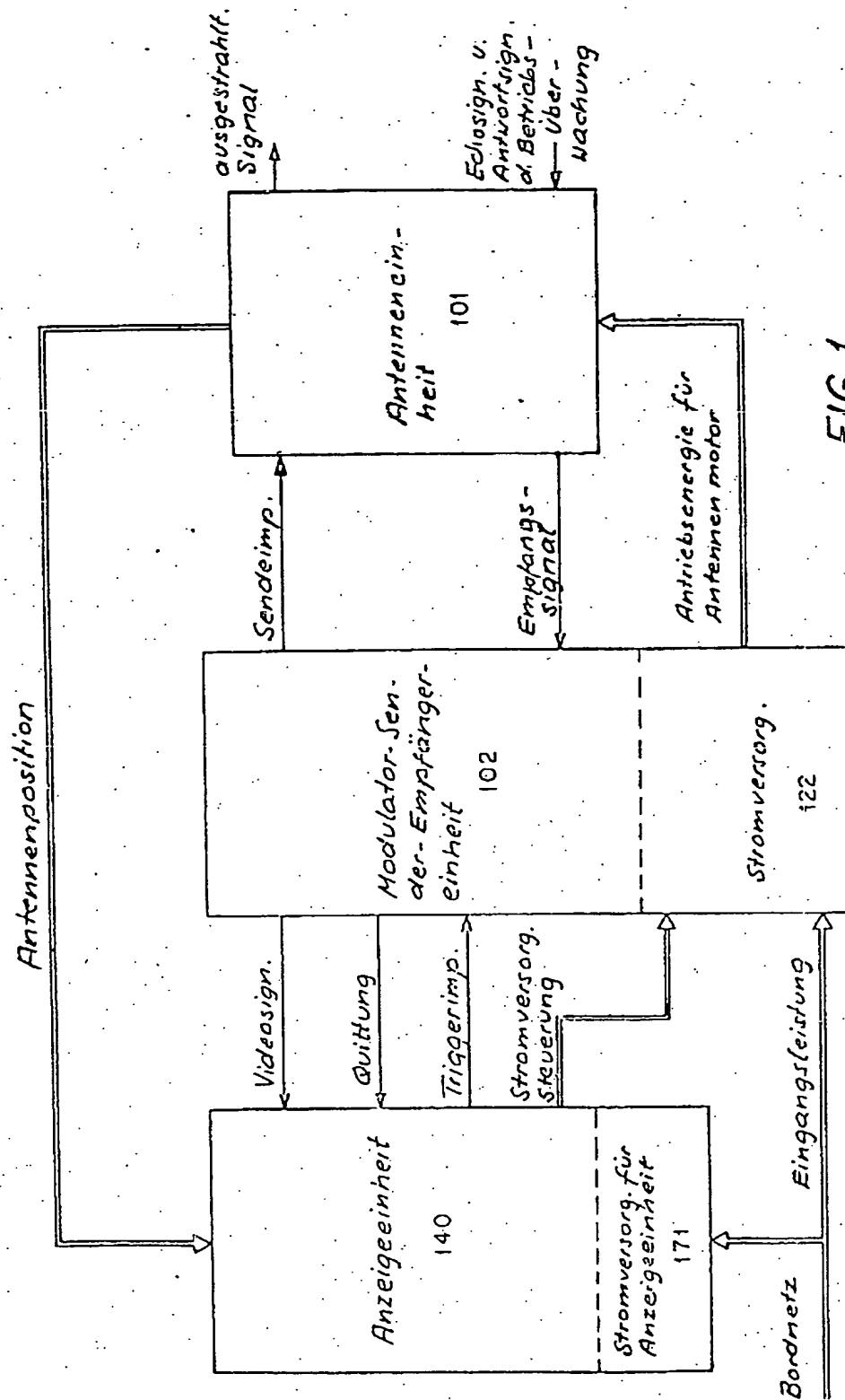


FIG. 1

Patentansprüche

1. Betriebsüberwachungssystem für Radaranlagen mit einer nahe der Radarantenne (101) befindlichen Überwachungs-Empfangeinrichtung zur Gewinnung einer Probe des Sendesignals des Radarsenders, ferner mit einer Vergleichseinrichtung (210) zum Vergleich des Ausgangs eines mit der Sendesignalprobe beaufschlagten Detektors (208) mit einem Bezugswert und mit einer an die Überwachungs-Empfangeinrichtung angeschlossenen Frequenzregelschleife, welche ausgangsseitig unter Steuerung durch den Ausgang der Vergleichseinrichtung eine Überwachungs-Sendeinrichtung speist, deren Sendesignale zur Erzeugung einer Testmarkierung in der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers dienen, gekennzeichnet durch Schaltmittel (212) zur Freigabe der Sendesignale der Überwachungs-Sendeinrichtung dann, wenn eine Frequenzbestätigungsschaltung (227) die Gleichheit der Frequenz der Radarsendesignale und der Frequenz der mittels der Frequenzregelschleife erzeugten Signale meldet.
2. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Schaltmittel (212) zur Freigabe der Sendesignale der Überwachungs-Sendeinrichtung dann, wenn eine Frequenzbestätigungsschaltung (227) die Gleichheit der Frequenz der Radarsendesignale und der Frequenz der mittels der Frequenzregelschleife erzeugten Signale meldet.
3. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Impulserzeugungsmittel (230, 234) zur Steuerung der Erzeugung der Sendesignale der Überwachungs-Sendeinrichtung in solcher Weise vorgesehen sind, daß in der PPI-Anzeige der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers als Testmuster in einem sektorförmigen Bereich bogenförmige Marken in vorbestimmtem radialen Abstand entstehen.
4. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß von den Impulserzeugungsmitteln (230, 234) eine vorgegebene Impulsfolge solcher Dauer abgegeben wird, daß auf der Anzeigeeinrichtung das Testmuster einerseits einer vorgegebenen Mindestentfernung entspricht, andererseits jedoch in Radialrichtung kürzer ist als die durch die Impulsfolgefrequenz der Radaranlage vorgegebene größtmögliche Meßentfernung, so daß auf der Anzeigeeinrichtung der Radaranlage die Abbildung von Echosignalen, die einer größeren Entfernung aufgrund von Mehrfachreflexion entsprechen, vermieden ist.
5. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Schaltmittel (212) zur Freigabe der Sendesignale der Überwachungs-Sendeinrichtung ein UND-Schaltelement vorgesehen ist, an dessen einen Eingang der Ausgang der Frequenzbestätigungsschaltung (227) angeschlossen ist und an dessen anderen Eingang der Ausgang der Vergleichseinrichtung (210) gelegt ist, wobei das Ausgangssignal des UND-Schaltelementes zur Aktivierung der Impulserzeugungsmittel (230, 234) dient.
6. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Impulserzeugungsmittel einen Zwischenfrequenzoszillator (238) steuern, der einen Eingang eines Mischers (214) der Frequenzregelschleife speist.

7. Betriebsüberwachungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der die Vergleichseinrichtung (210) speisende Detektor (208) an die Antenne (202) der Überwachungs-Empfangeinrichtung über einen Richtungskoppler (204) angeschlossen ist, welcher in der Frequenzregelschleife einem bzw. dem Mischer (214) vorgeschaltet ist, dessen Ausgang über Zwischenfrequenzverstärker (218, 220, 221) einer Diskriminator-schaltung (222) zugeführt wird, die zur Steuerung eines den Richtungskoppler speisenden spannungsgesteuerten Lokaloszillators (216) der Frequenzregelschleife dient.
8. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Diskriminator-schaltung (222) ein auf eine hohe und ein auf eine niedrigere Frequenz abgestimmtes Filter beinhaltet, die aus LC-Schaltungen (272, 280, 274, 282) bestehen und so abgestimmt sind, daß ihre Durchlaßbandbereiche einander überlappen, und daß den LC-Schaltungen zugeordnete in einer Reihen-Parallelschaltung liegende Kapazitäten zur Transformation des Ausgangswiderstandes eines die Parallelschwingkreise speisenden Verstärkers (221) von einem vergleichsweise niedrigen auf einen hohen Widerstandswert vorgesehen sind, wodurch eine bestimmte Güte der Parallelschwingkreise festgelegt ist, daß fernerhin Detektorelemente (284, 286) mit zueinander entgegengesetzter Polarität mit den Ausgängen der Filter verbunden sind und ausgangsseitig zusammengeschaltet sind, derart, daß ein einziges Ausgangssignal von ihnen abnehmbar ist, welches zur Ansteuerung eines Gleichstromverstärkers (298, 300) dient, der seinerseits die Steuerung des spannungsgesteuerten Lokaloszillators (216) vornimmt (Fig. 7).
9. Betriebsüberwachungssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Richtungskoppler (204) Teil einer des Mischer (214) und den Detektor (208) enthaltenden Mikrowellenschaltung bildet, wobei der Richtungskoppler (204) eine Hauptübertragungsleitung (256) und eine dieser benachbarte Nebenübertragungsleitung (258) besitzt und die Breite des zwischen der Haupt- und Nebenübertragungsleitung gebildeten Spaltes den Kopplungswert, und die Länge dieses Spaltes die Betriebsfrequenz des Richtungskopplers bestimmt und diese Länge ein ungeradzahliges Vielfaches einer Viertelwellenlänge bei der Betriebsfrequenz ist und so bestimmt ist, daß sie einer Viertelwellenlänge bei einer ersten und drei Viertelwellenlängen bei einer zweiten Frequenz entspricht, wodurch der Richtungskoppler (204) für den Betrieb der beiden Frequenzen geeignet ist, daß ferner der Mischer (214) und der Detektor (208) je eine Diode (268, 260) sowie für beide Frequenzen wirksame Hochfrequenzdrosseln (252, 254; 262, 266, 268) beinhalten, die je aus einem Leitungsstück hohen Wellenwiderstands und einem Leitungsstück niedrigen Wellenwiderstands gebildet sind, deren jedes eine einem ungeradzahliges Vielfachen einer Viertelwellenlänge entsprechende effektive Länge besitzt, wobei diese effektiven Längen einer Viertelwellenlänge bei der ersten Frequenz und drei Viertelwellenlängen bei der zweiten Frequenz entsprechen, derart, daß auch der Mischer (214) und der Detektor (208) bei beiden Frequenzen zu arbeiten vermögen.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Betriebsüberwachungssystem für Radaranlagen mit den Merkmalen des Oberbegriffes von Patentanspruch 1.

Derartige Betriebsüberwachungssysteme sind aus der US 29 42 257 bekannt. In ihnen wird ein Vergleich einer vom Sendesignal gewonnenen Probe mit einem Bezugswert vorgenommen und abhängig vom Vergleichsergebnis eine Frequenzregelschleife gesteuert, die eine Überwachungs-Sendeinrichtung zur Erzeugung von Testmarkierungen in der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers speist.

Bei bestimmten Betriebszuständen können jedoch diese Testmarkierungen mit der Darstellung von Zielobjekten in der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers verwechselt werden.

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, ein Betriebsüberwachungssystem gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 so auszugestalten, daß es während des normalen Betriebes einer Radaranlage eine ständige Kontrolle der Betriebseigenschaften ermöglicht, ohne Verwechslungen bezüglich der Darstellung von Zielobjekten in der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers zu verursachen.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale von Patentanspruch 1 gelöst.

Bei dem hier angegebenen Betriebsüberwachungssystem kommen also die Sendesignale der Überwachungs-Sendeinrichtung nur dann zur Aussendung und zum Empfang sowie zur Darstellung in der Anzeigeeinrichtung des Radarempfängers, wenn bestimmte Mindestvoraussetzungen durch die Radaranlage erfüllt werden, beispielsweise Überschreiten einer bestimmten Mindestsendeleistung und Erreichen einer bestimmten Mindestempfindlichkeit des Radarempfängers.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des hier angegebenen Betriebsüberwachungssystems sind in den Ansprüchen 2 bis 9 gekennzeichnet.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild mit den Grundeinheiten einer Radaranlage, die sich für die Zusammenarbeit mit dem Betriebsüberwachungssystem gemäß der Erfindung eignet.

Fig. 2 zeigt ein ausführlicheres Blockschaltbild der Radaranlage gemäß Fig. 1.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild des Betriebsüberwachungssystems.

Fig. 4 zeigt ein Frequenzdiagramm, auf dem die Antwortsignale des Betriebsüberwachungssystems für das S-Band und das X-Band dargestellt sind.

Fig. 5 zeigt die von dem Betriebsüberwachungssystem auf der Radarrundsichtanzeige erzeugte Antwortmuster.

Fig. 6 zeigt in schematischer Darstellung die Mikrowellenkomponenten des Betriebsüberwachungssystems.

Fig. 7 zeigt die in dem Betriebsüberwachungssystem verwendete Diskriminatorschaltung.

Fig. 8A bis 8D zeigen den Frequenzverlauf an verschiedenen Stellen des Diskriminators.

Fig. 9 zeigt ein Schaltungsbeispiel für die in Fig. 3 dargestellte Frequenzbestätigungsschaltung.

Fig. 10 zeigt die Schaltung eines Betriebsüberwachungssystems, die als Hochfrequenzquelle für das Antwortsignal einen Rauschgenerator verwendet.

Fig. 11A bis 11D zeigen die Schaltung des Betriebs-

überwachungssystems in Einzelheiten, (Fig. 11 veranschaulicht die relative Lage der in Fig. 11A bis 11D dargestellten Schaltungsauszüge zueinander).

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild mit den Grundeinheiten einer Radaranlage, die in Verbindung mit dem hier angegebenen Betriebsüberwachungssystem Verwendung findet. Die Radaranlage besteht aus drei Grundbausteinen: Der Anzeigeeinheit 140, der Modulator-Sender-Empfänger-Einheit 102 und der Radarantenne 101. Die Anzeigeeinheit 140, mittels derer die Radarinformationen angezeigt werden und die die Einrichtungen zur Steuerung der Anlage enthält, ist aus Gründen der leichten Zugänglichkeit und der bequemen Handhabung bei der Navigation auf der Brücke des Schiffes untergebracht. Um einen möglichst großen Entfernungsbereich erfassen zu können, ist die Radarantenne 101 in der Praxis so hoch wie möglich und mit hindernisfreiem Ausbreitungsweg für den Antennenstrahl angebracht. Die Modulator-Sender-Empfänger-Einheit 102, die im folgenden kurz als MTR-Einheit bezeichnet wird, ist in wettergeschützter Position so nahe wie möglich bei der Radarantenne 101 angeordnet, um die Verluste bei den Hochleistungs-Sendeimpulsen, die der Radarantenne 101 zugeführt werden, und bei den schwachen Empfangssignalen, die von der Radarantenne 101 zu der MTR-Einheit 102 übertragen werden, so gering wie möglich zu halten. Die Anzeigeeinheit 140 und die MTR-Einheit 102 besitzen getrennte Stromversorgungseinheiten 171, bzw. 122. Beide sind an das Bordnetz der Stromversorgung, das beispielsweise ein 110 V/60 Hertz-Netz ist, oder an eine andere Stromversorgungsquelle des Schiffes angeschlossen und wandeln dessen Spannung in Gleichspannungen um, die für den Betrieb der verschiedenen elektronischen Schaltungen und der elektromechanischen Anordnungen der beiden Einheiten 140 und 102 geeignet sind. Die MTR-Stromversorgungseinheit 122 versorgt außerdem den in der Radarantenne 101 angeordneten Motor für die Antennenrotation mit Betriebsenergie. Durch die Anordnung getrennter Stromversorgungseinheiten für jede der beiden getrennt liegenden großen Betriebseinheiten werden Energieverluste vermieden, wie sie bei bekannten Einrichtungen mit Verkabelung zwischen den Einheiten unvermeidbar entstehen. Das Ein- und Ausschalten der MTR-Stromversorgungseinheit 122 wird von der Anzeigeeinheit 140 aus mit niedrigpegeligen Steuerspannungen gesteuert. Damit sind alle Steuerungs- und Schaltfunktionen bei der Anzeigeeinheit 140 vereinigt, ohne daß Verluste auf langen Kabelstrecken zwischen den Einheiten auftreten.

Jeder Radarimpulszyklus beginnt bei der Anzeigeeinheit 140 mit der Erzeugung eines MTR-Trigger-Impulses, der der MTR-Einheit zugeführt wird. Beim Empfang dieses Impulses erzeugt die MTR-Einheit 102 einen Hochleistungs-Sendeimpuls. Dieser Sendepuls wird der Radarantenne 101 zugeführt, der das Signal in einem scharfgebündelten Strahl abstrahlt. Die von Zielen zurückkehrenden Echosignale werden von der Radarantenne 101 empfangen und dem Empfangsteil der MTR-Einheit 102 zugeführt. Der Empfangsteil der MTR-Einheit 102 verstärkt und demoduliert die empfangenen Echosignale und erzeugt ein Videosignal für die Anzeigeeinheit 140. Der Beginn des Videosignals wird durch einen Quittungsimpuls markiert, der in der MTR-Einheit 102 erzeugt wird. Die Anzeigeeinheit 140 liefert in Abhängigkeit von dem Videosignal eine optische Anzeige der Echosignale, die von in dem Ausbreitungsweg des Radarstrahls befindlichen Zielen zurück-

geworfen werden. Die Azimut-Position der Radarantenne wird von dieser direkt zu der Anzeigeeinheit 140 übertragen und zeigt auf dem Bildschirm den Winkel an, unter dem die Radarechosignale abgebildet werden müssen.

Fig. 2 zeigt ein ausführlicheres Blockschaltbild der in Fig. 1 dargestellten Radaranlage 100. Die Radarantenne 101 enthält ein rotierbares Antennenteil 104 zur Ausstrahlung und zum Empfang von dem Frequenzbereich der Radarimpulse liegenden Signalen. Das Antennenteil 104 ist über einen Wellenleiterabschnitt 105 drehbar mit einem Zahnradgetriebe 108 verbunden und wird von einem Motor 106 über das Zahnradgetriebe 108 angetrieben, so daß es mit konstanter vorbestimmter Geschwindigkeit rotiert. Eine Welle des Zahnradgetriebes 108, die vorzugsweise mit derselben Geschwindigkeit rotiert wie das Antennenteil 104, ist mit einem Synchrogeber 112 verbunden.

Die zu dem Antennenteil 104 laufenden Sendeimpulse und die von ihm kommenden Empfangssignale werden über eine Drehkupplung 110 der Radarantenne 101 und über einen Wellenleiterabschnitt 115 zu der im folgenden auch als Duplexer bezeichneten Sende-Empfangsweiche 114 übertragen. Die Empfangssignale gelangen über den Duplexer 114 und einen passiven Begrenzer 116 zu dem Eingang eines Empfängers 120. Der Duplexer 114 trennt die von dem Sender/Modulator 118 erzeugten Sendeimpulse von dem Empfänger 120 und koppelt die Empfangssignale direkt ohne wesentliche Verluste von dem Wellenleiter 115 zu dem Eingang des Empfängers 120. Der passive Begrenzer 160 bildet eine absolute Amplitudenschwelle für die Eingangssignale und schützt die Eingangsschaltung des Empfängers 120 vor Überlastung durch Signale, die von benachbarten Radarsendern aufgenommen werden.

Der Sender/Modulator 118 erzeugt Radarimpulse in Abhängigkeit von einem Eingangs-Trigger-Signal, das von einem in der Anzeigeeinheit 140 angeordneten Zeitsignalgenerator 144 geliefert wird. Die Impulswiederholfrequenz des Radarsendeimpulses wird durch die Wiederholfrequenz des von dem Zeitsignalgenerator 144 erzeugten MTR-Trigger-Signals bestimmt. Es sind Radaranlagen bekannt, bei denen die Wiederholfrequenz der Radarsendeimpulse von dem eingestellten Entfernungsbereich abhängig ist. Bei diesen wird eine Vielzahl von den verschiedenen Entfernungsbereich-Einstellmöglichkeiten entsprechenden Signalen zu dem Sender/Modulator übertragen. Eine Dekodierschaltung wählt die für den gewählten Entfernungsbereich geeignete Impulswiederholfrequenz aus. Die vorliegende Radaranlage benötigt hingegen nur ein einziges Trigger-Signal.

Die Impulsbreite der Sendeimpulse kann ebenfalls eine Funktion des eingestellten Radar-Erfassungsbereichs sein. So kann es beispielsweise wünschenswert sein für Bereiche kürzerer Entfernung schmalere Sendeimpulse zu verwenden, mit denen sich eine genauere Entfernungsmessung erzielen läßt als mit breiteren Sendeimpulsen. Diese sind bei größeren Entfernungen jedoch erforderlich, um einen brauchbaren Signal-Rauschspannungsabstand zu erhalten. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß es nicht erforderlich ist, für jeden möglichen Entfernungsbereich-Einstellwert unterschiedliche Impulsbreiten vorzusehen. Eine einem bevorzugten Ausführungsbeispiel entsprechende Radaranlage besitzt beispielsweise zehn verschiedene Entfernungseinstellbereiche zwischen 0,25 und 64 Seemeilen. Es hat sich herausgestellt, daß in der Praxis hierfür nur drei ver-

schiedene Impulsbreiten von etwa 60, 500 und 1000 Nanosekunden erforderlich sind. Es genügt dann, zwischen dem Zeitsignalgenerator 144 und dem Sender/Modulator 118 ein digitales 2-Bit-Signal zur Auswahl einer dieser drei Impulsbreiten zu übertragen. Da wesentlich weniger unterschiedliche Impulsbreiten erforderlich sind, als auswählbare Entfernungsbereichswerte zur Verfügung stehen, müssen zwischen dem Zeitsignalgenerator 144 und dem Sender/Modulator 118 auch wesentlich weniger Leitungen oder Signale vorgesehen sein als bei bekannten Anlagen.

Bei bekannten Anlagen wird in der MTR-Einheit ein Trigger-Impuls erzeugt, der sowohl dem Modulator als auch der Anzeigeschaltung zugeführt wird. Infolge gewisser Eigenschaften der meisten verwendeten Modulatoren kann die Verzögerungszeit zwischen dem Anlegen eines Trigger-Impulses und der Erzeugung des eigentlichen Sendeimpulses variieren. Dies ist insbesondere beim Übergang von einem Entfernungsbereich auf einen anderen Entfernungsbereich der Fall. Infolge dieser nicht vorhersagbaren Verzögerungsdifferenz kann es vorkommen, daß die Bildablenkung entweder zu früh oder zu spät beginnt, so daß Ziele mitunter mit ungenauen und ausgefranzten Kanten abgebildet werden. Bei der Radaranlage, die für die Zusammenarbeit mit dem hier angegebenen Betriebsüberwachungssystem ausgelegt ist, wurde diese Schwierigkeit beseitigt. Der Sender/Modulator 118 erzeugt zu Beginn jedes Sendeimpulses einen MTR-Quittungsimpuls. Dieser MTR-Quittungsimpuls, der dem Zeitsignalgenerator 144 zugeführt wird, markiert den Beginn der Ablenkung für die einzelnen Video-Signalverarbeitungsschaltungen in der Anzeigeeinheit 140. Da der MTR-Quittungsimpuls genau mit dem Beginn jedes Radarsendeimpulses zusammenfällt, ist die Abbildungsgenauigkeit zwischen benachbarten Ablenklinien auf dem Bildschirm außerordentlich hoch. Daher werden die tatsächlichen Formen der Ziele genau wiedergegeben, ausgefranzte Kanten, wie sie durch ungenaue Synchronisation des Startzeitpunktes der Bildschirmablenkung mit dem tatsächlichen Sendeimpuls verursacht werden können, treten nicht auf.

Der Sender/Modulator 118 erzeugt ferner ein im folgenden als STC-Signal bezeichnetes Empfindlichkeit-Zeitsteuerungssignal, durch welches die Verstärkung des Empfängers 120 beeinflusst wird. Bekanntlich dient das STC-Signal zur Veränderung der Verstärkung des Empfängers 120 während der Zeitintervalle zwischen zwei Radarsendeimpulsen. Für Echoempfangssignale von nahegelegenen Zielen wird die Verstärkung verringert. Damit wird die Verstärkerschaltung des Empfängers 120 vor Überlastung durch die starken Signale nahegelegener Ziele oder durch örtliche Interferenzen geschützt und man erhält eine Anzeige mit im wesentlichen konstanter Bildbrillanz.

Das an dem Ausgang des Empfängers 120 erzeugte analoge Videosignal wird in der Anzeigeeinheit 140 mit Hilfe eines Analog-Digital-Wandlers 148 in eine serielle Folge digitaler Daten umgeformt. Die Abtastrate, mit der dem analogen Videosignal die zu digitalisierenden Signalproben entnommen werden und die Zeitdauer vom Beginn des Radarsendeimpulses, während der das analoge Videosignal digitalisiert wird, sind von dem eingestellten Entfernungsbereich abhängig. Für kürzere Entfernungen werden eine höhere Abtastrate und eine kürzere Zeitspanne verwendet.

Das digitalisierte Videosignal wird — von Taktimpulsen des Zeitsignalgenerators 144 gesteuert — in einen

digitalen Video-Datenspeicher 150 eingeschrieben. Der digitale Video-Datenspeicher speichert das digitale Videosignal eines vollständigen Zwischenimpulsintervalls. Der Speicherbereich, in dem das Signal eingespeichert wird, hängt selbstverständlich von dem eingestellten Entfernungsbereich ab. Während eines zweiten Zeitintervalls, das ebenfalls durch Taktimpulse des Zeitsignalgenerators 144 bestimmt ist, wird das digitale Videosignal aus dem digitalen Video-Datenspeicher 150 ausgelesen und auf einer Kathodenstrahlröhre 172 abgebildet. Das zweite Zeitintervall kann entweder größer oder kleiner oder aber genau so groß sein wie das erste Zeitintervall, in welchem das Video-Signal in den digitalen Video-Datenspeicher 150 eingelesen wird. Das Auslesen findet vorzugsweise unmittelbar im Anschluß an das erste Zeitintervall und vor Beginn des nächstfolgenden Radarzyklus statt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das zweite Zeitintervall im wesentlichen konstant und von dem ersten Zeitintervall unabhängig. Durch diese konstante Auslesezeit ist auch die Schreib- oder Ablenkgeschwindigkeit des Elektronenstrahls der Kathodenstrahlröhre 172 konstant, so daß die Anzeige unabhängig von dem eingestellten Radar-Entfernungsbereich eine konstante Intensität besitzt. Bei kurzen Entfernungen ist das zweite Zeitintervall, in welchem die digitalen Signale aus dem digitalen Video-Datenspeicher 150 ausgelesen und angezeigt werden, wesentlich größer als das Zeitintervall, in dem die Signale eingelesen werden. Wegen dieses relativen Anwachsens des Zeitintervalls ist die Geschwindigkeit, mit der der Elektronenstrahl der Kathodenstrahlröhre 172 das Videosignal schreibt, kleiner als die, mit der es empfangen wird. Daher ist die Helligkeit der Anzeigefläche bei kurzen Entfernungsbereichen wesentlich größer als bei bekannten Radargeräten.

Eine Interferenzunterdrückungsschaltung 152 dient zur Eliminierung der von nahegelegenen auf dem gleichen Frequenzband arbeitenden Radarsendern verursachten Interferenzerscheinungen. Diese Art von Interferenzen, die durch den Empfang der Sendepulse nahegelegener Radaranlagen verursacht wird, erscheint auf der Anzeigefläche als eine vom Zentrum des Bildschirms radial nach außen laufende mehrarmige Spirale. Die Interferenzunterdrückungsschaltung 152 löscht diese Art von Interferenzerscheinungen im wesentlichen aus, ohne die Darstellung gewünschter Ziele auf dem Bildschirm merklich zu beeinträchtigen. Auf einer Steuertafel 146 befindet sich ein Schalter, mit dem die Bedienungsperson die Interferenzunterdrückungsschaltung 152 nach Belieben ein- und ausschalten kann. Nach dem Ausgang der Interferenzunterdrückungsschaltung 152 erscheinende Videosignale werden über einen Videosummierer 160 einem Videoverstärker 166 zugeführt.

Die Anordnung besitzt eine Schaltung 154 zur Bildung variabler Entfernungsmarken. Diese liefert bei jeder Ablenkung des Elektronenstrahls ein Videoausgangssignal in Form eines kurzen Impulses. Hierdurch wird auf dem Bildschirm eine kreisförmige Entfernungsmarkierung abgebildet, deren Abstand vom Zentrum durch Einstellung eines Entfernungsmarkenreglers 156 wählbar ist. Der Entfernungsmarkenregler 156 kann ein Bestandteil der Steuertafel 146 sein. Eine Anzeigevorrichtung 158 erlaubt das digitale Auslesen des Zieles, auf welches die variable Entfernungsmarkierung eingestellt ist. Das Videoausgangssignal der Schaltung 154 zur Bildung variabler Entfernungsmarken wird über den Videosignalsummierer 160 zum Videoverstärker 166 zugeführt. Der Zeitsignalgenerator 144 liefert Taktimpulse und an-

dere Zeitsignale, die für verschiedene Schaltkreise der Anzeigeeinheit 140 verwendet werden. Ein interner Oszillator in dem Zeitsignalgenerator 144 erzeugt Taktimpulse mit vorbestimmter Periodendauer. Der Synchrongeber 112 erzeugt jedesmal, wenn der Antennenstrahl mit der Vorwärtsrichtung des Schiffes zusammenfällt, einen Kopfimpuls. Dieser wird in das Zeitschema der von dem Oszillator in dem Zeitsignalgenerator 144 erzeugten Taktimpulse eingepaßt und als Videoimpuls über den Videosignalsummierer 160 dem Videoverstärker 166 zugeführt. Er erzeugt auf dem Bildschirm eine Marke, die der Bedienungsperson anzeigt, wenn der Antennenstrahl den Schiffsbug passiert. Der Zeitsignalgenerator 144 erzeugt ferner das MTR-Trigger-Signal als eine Impulsfolge mit vorbestimmten festen Intervallen, die von der Entfernungsbereichseinstellung abhängen, die von der Steuertafel 146 übertragen wird. Das MTR-Quittungssignal des Sender/Modulators 180 dient dem Zeitsignalgenerator 144 zur Erzeugung eines Ablenk-Torsignals. Es handelt sich hierbei um ein logisches Signal, das während der Zeitspanne, in der Videosignale empfangen werden, einen hohen oder aktiven Pegelwert annimmt. Das Abtast-Torsignal wird in diesen aktiven Zustand gesteuert, sobald das MTR-Quittungssignal empfangen wird. Am Ende der genannten Zeitspanne, die von der gewählten Entfernungsbereichseinstellung abhängt, nimmt es seinen niedrigen oder inaktiven Pegelwert an. Auf der Steuertafel 146 sind die verschiedenen durch die Bedienungsperson betätigbaren Steuerelemente angebracht, die dazu dienen, die verschiedenen Schaltkreise der Radaranlage einzustellen bzw. ihren Betriebszustand zu bestimmen. Es ist eine Entfernungsbereichssteuerung vorgesehen, die die größte Zielentfernung bestimmt, die noch angezeigt werden soll. Diese Entfernung entspricht der Entfernung an den Rändern des Bildschirms der Kathodenstrahlröhre 172. Ferner sind Ein-Ausschalter vorgesehen für die Steuerung der MTR-Stromversorgungseinheit 122, den Antriebsmotor 106 für das Antennenteil 104 (über die MTR-Stromversorgungseinheit 122), die Interferenzunterdrückungsschaltung 152, die Schaltung 154 zur Bildung variabler Entfernungsmarken und die Stromversorgungseinheit 171 für die Anzeigeeinheit. Ferner ist ein weiterer Schalter vorgesehen, mit dem wahlweise die Richtung, in die das Schiff weist, oder die Nordrichtung am oberen Ende des Bildschirms dargestellt wird.

Um eine Anzeige zu erzeugen, bei der nicht die Richtung des Schiffsbuges, sondern die Nordrichtung am oberen Ende des Bildschirms abgebildet wird, modifiziert eine Schaltung 142 zur Nordstabilisierung die von dem der Radarantenne zugeordneten Synchrongeber 112 gelieferten Signale, bevor sie einer Schaltung 162 zur Positionierung der Anzeige zugeführt werden. Andernfalls, d. h. dann, wenn der Schiffsbug am oberen Ende des Bildschirms abgebildet werden soll, werden die Signale des Synchrongebers 112 der Radarantenne unmittelbar der Schaltung 162 zur Positionierung der Anzeige zugeführt. Die Schaltung 162 zur Positionierung der Anzeige nimmt die Ausgangssignale des Synchrongebers 112 oder der Schaltung 142 zur Nordstabilisierung in Form modulierter Sinus- und Kosinusschwingungen auf und erzeugt aus ihnen für jede Strahlableitung Gleichspannungssignale, welche X- und Y-Ablenkteilsignale darstellen. Ein Ablenkspannungsgenerator 164 erzeugt zeitlich linear ansteigende X- und Y-Ablenkspannungen, deren maximale Amplituden durch die von der Schaltung 162 zur Positionierung der Anzeige geliefer-

ten Gleichspannungssignale bestimmt sind. Die Erzeugung der beiden zeitlich linear ansteigenden Ablenkspannungen beginnt in einem Zeitpunkt, der durch den Anfang des verzögerten Ablenktorsignals der Interferenzunterdrückungsschaltung 152 markiert ist, der seinerseits durch Verzögerung des Ablenktorsignals um eine oder mehrere Taktperioden erzeugt wird. Diese Verzögerungszeit ist erforderlich, damit die Interferenzunterdrückungsschaltung 152 wirksam werden kann. Die X- und Y-Ablenkspannungen werden nach Verstärkung in dem X- und Y-Ablenkverstärker 168 den X- bzw. Y-Ablenkspulen zugeführt und lenken in bekannter Weise den Elektronenstrahl der Kathodenstrahlröhre 172 ab. Das Ausgangssignal des Videoverstärkers 166 wird der Kathode 176 der Kathodenstrahlröhre 172 zugeführt und moduliert die Intensität des Elektronenstrahls.

Die Hochspannung für die Beschleunigungskathode der Kathodenstrahlröhre 172 sowie alle anderen Betriebsspannungen für die verschiedenen Schaltkreise der Anzeigeeinheit 140 einschließlich der Vorspannungen und Betriebsspannungen für die in ihr enthaltenen logischen Schaltkreise werden von der Stromversorgungseinheit 171 der Anzeigeeinheit geliefert. Diese Stromversorgungseinheit 171 ist — ebenso wie die MTR-Stromversorgungseinheit 122 — vorzugsweise als geschaltete Stromversorgung ausgebildet, die an ihren Ausgängen eine Vielzahl unterschiedlicher Spannungen mit dem erforderlichen Leistungsvermögen erzeugt. Die Schaltfrequenz der beiden Stromversorgungseinheiten 171 und 122 ist so gewählt, daß sie einen Mittelwert bildet zwischen der durch den Zeitsignalgenerator 144 in Übereinstimmung mit der Entfernungsbereichseinstellung bestimmten Impulsfolgefrequenz und der Rate, mit der das analoge Videosignal von dem Analog-Digital-Wandler 148 digitalisiert wird. Dadurch, daß die Stromversorgungseinheiten mit einer zwischen der Impulsfolgefrequenz und der Digitalisierungsrate liegenden Schaltfrequenz betrieben werden, werden Interferenzerscheinungen eliminiert.

In Fig. 3 ist das Radarsystem 100 mit seiner Radarantenne 101 und dem Bildschirm 173 der Anzeigeeinheit noch einmal angedeutet. Auf dem Bildschirm 173 ist ein keilförmiges Muster 174 dargestellt, das in Abhängigkeit eines von einem aktiven Ziel abgegebenen Signales erscheint. Dieses aktive Ziel wird von einem in Fig. 3 dargestellten mit 200 bezeichneten Betriebsüberwachungssystem gebildet. Die Radarantenne 101 strahlt eine Reihe von Impulsen in den Raum. Die Antenne 202 des Betriebsüberwachungssystems ist so angebracht, daß sie eine Signalprobe dieser ausgestrahlten Impulse empfängt. Im vorliegenden Beispiel ist das Betriebsüberwachungssystem unmittelbar an der Tragkonstruktion der Radarantenne befestigt. Die Impuls-Signalproben, die — wie in Fig. 4 dargestellt — im S-Band oder im X-Band liegen, werden über den Hauptarm eines Richtungskopplers 204 und eine Dämpfungsschaltung 206 einem Detektor 208 zugeführt. Die Dämpfungsschaltung 206 dient dazu, den Pegel des ankommenden Signals so zu reduzieren, daß der Detektor 208 nicht überlastet wird, und unerwünschte Wechselwirkung zwischen dem Detektor 208 und dem Richtungskoppler 204 zu vermeiden. Der Richtungskoppler 204, die Dämpfungsschaltung 206 und der Detektor 208 sind so ausgelegt, daß sie in beiden für Schiffsradar verwendeten Frequenzbändern, d. h. im S-Band und im X-Band arbeiten können. Selbstverständlich können auch solche Komponenten verwendet werden, die nur in einem Frequenz-

band, dem S-Band oder dem X-Band arbeiten können. In diesem Fall müssen getrennte Betriebsüberwachungssysteme für die einzelnen Frequenzbänder vorgesehen sein, in denen die betreffende Radaranlage arbeitet. Der Ausgang des Detektors 208 ist mit einer Schwellwertschaltung in Gestalt eines Vergleichers 210 verbunden. Dieser dient dazu, das Ausgangssignal des Detektors 208 mit einer Referenzspannung zu vergleichen. Wenn das Ausgangssignal diese Referenzspannung übersteigt, liefert der Vergleichs 210 ein Signal an eine Torschaltung 212, die zur Aktivierung des Betriebsüberwachungssystems dient, derart daß diese ein Antwortsignal erzeugt. Der Richtungskoppler 204 führt einen Teil des Eingangssignals der Antenne 202 zu einem Mischer 214, der sowohl im S-Band als auch im X-Band arbeiten kann. In diesem Mischer 214 wird das Eingangssignal mit dem von einem spannungsgesteuerten Lokaloszillator 216 gelieferten Signal des S-Bandes gemischt, wenn die zugehörige Radaranlage 100 im S-Band arbeitet. Wenn sie hingegen im X-Band arbeitet, wird das Eingangssignal der Antenne 202 mit der dritten Harmonischen des von dem Lokaloszillator 216 gelieferten Signals gemischt. Diese dritte Harmonische wird in dem Mischer 214 erzeugt. Das Ausgangssignal des Lokaloszillators 216 wird dem Mischer 214 über einen Isolator 219 und den Richtungskoppler 204 zugeführt. Der Isolator 219 dient zur Vermeidung einer Fehlanpassung des Mixers 214, während der Richtungskoppler 204 einen direkten Pfad zu dem Mischer 214 bildet. Das Ausgangssignal des Mixers 214 ist ein Zwischenfrequenzsignal. Dieses Signal wird über einen von einem Feldeffekttransistor gebildeten Schalter 217 weitergeleitet, der bei dieser Zwischenfrequenz arbeiten kann und rasch zwischen niedrigem und hohem Dämpfungszustand umschaltbar ist. Anschließend wird das Zwischenfrequenzsignal in Verstärkern 218, 220 und 221 verstärkt und einer Diskriminatorschaltung 222 zugeführt. Diese beinhaltet zwei einfach abgestimmte Filter geringer Güte, denen positive und negative Detektoren nachgeschaltet sind. Die Ausgangssignale dieser Detektoren werden summiert und einem Operationsverstärker zugeführt, der eine Spannungs-Frequenz-Charakteristik bildet, die einen steilen Übergang bei 115 MHz besitzt, was einem großen Spannungs-Frequenz-Verhältnis entspricht, und die außerdem positive und negative Ausläufer besitzt, die sich weit genug erstrecken, um die Zwischenfrequenz von den durch die Frequenzspezifikationen des Radar-Magnetrons gegebenen Grenzen einzufangen, ohne daß eine Ablenkungsschaltung für das Suchen und Verriegeln notwendig ist. Die Steilheit wird durch den Verstärkungsfaktor des Operationsverstärkers bestimmt, während die Übergangsfrequenz durch die Überlappung der Durchlaßbereiche der beiden Filter bestimmt ist. Mit nicht mehr als 10% der während jeder Umdrehung der Radarantenne verfügbaren Impulszahl wird die Zwischenfrequenz eingefangen und die (weiter unten noch näher beschriebene) Regelschaltung zur automatischen Frequenzsteuerung, die im folgenden kurz als AFC-Schleife bezeichnet wird, derart verriegelt, daß die Zwischenfrequenz bei der im Nulldurchgang der Diskriminatorschaltung 222 entsprechenden Frequenz liegt. Am Ausgang der Diskriminatorschaltung 222 wird ein Gleichspannungssteuersignal zur Frequenzsteuerung des Lokaloszillators 216 erzeugt. Durch sie wird die AFC-Schleife vervollständigt, die die Zwischenfrequenz in bekannter Weise auf dem Nulldurchgang des Diskriminators entsprechenden Wert hält. Eine Signalprobe des an dem Eingang der

Diskriminatorschaltung 222 anliegenden Zwischenfrequenzsignals wird über ein Bandpaßfilter 224 einem Detektor 226 zugeführt. Die beiden letztgenannten Schaltungseinheiten bilden gemeinsam eine Frequenzbestätigungsschaltung 227, deren Wirkungsweise aus der folgenden Beschreibung hervorgeht. Die Frequenzbestätigungsschaltung 227 veranlaßt das Betriebsüberwachungssystem 200 zur Erzeugung eines Antwortsignals dann und nur dann, wenn die AFC-Schleife die Frequenz des Antwortsignals in das Frequenzband des zugeordneten Radarempfängers gesteuert hat. Andernfalls, d. h. dann, wenn der Ausgang des Detektors 226 kein Signal an die Schaltungsmittel in der Form des UND-Gliedes 212 anlegt, ist die Erzeugung von Antwortsignalen durch das Betriebsüberwachungssystem 200 verhindert. Falls hingegen an den Schaltungsmitteln 212 ein Steuerungssignal der Vergleichseinrichtung 210 und ein Ausgangssignal der Frequenzbestätigungsschaltung 227 anliegen, erzeugt sie ein Ausgangssignal an einem der beiden Eingänge eines UND-Gliedes 228, dessen zweitem Eingang ein Aktivierungssignal der Radarfrequenz auf der Leitung 229 zugeführt wird, die bei normalem Betrieb ständig dort anliegt. Dieses Aktivierungssignal kann jedoch abgeschaltet werden, wenn die zugeordnete Radaranlage im automatischen Zielverfolgungs-Betrieb arbeitet. Damit wird verhindert, daß das Betriebsüberwachungssystem Antwortsignale liefert, wenn diese Antwortsignale die Wirkung der Radaranlage in dieser Betriebsart beeinträchtigen. Das Signal des UND-Gliedes 212 und das genannte Aktivierungssignal, die an den Eingängen des UND-Gliedes 228 anliegen, erzeugen an dessen Ausgang ein Trigger-Signal für Impulserzeugungsmittel 230 bekannter Art, die ein Ausgangssignal 223 liefern, das eine Dauer von beispielsweise 244 µs besitzt, die der gewünschten Signaldauer des Antwortsignals des Betriebsüberwachungssystems entspricht. Dieses Signal wird über die Leitung 223 einem Rechteckgenerator 234 als weiteres Impulserzeugungsmittel zugeführt. Die Impulserzeugungsmittel 230 liefern ferner Ausgangssignale 232 an die Leitungen 404 und 406. Diese Ausgangssignale werden dem Feldeffekt-Schalter 217 bzw. den Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 zugeführt und dienen zum Schalten bzw. zur Steuerung des Verstärkungsgrades. Der Rechteckgenerator 234 erzeugt eine im wesentlichen rechteckförmige Schwingung 237, die aus einer Reihe von Impulsen mit beispielsweise 6,1 µs Impulsdauer und Pausendauer besteht. Wenn diese Impulse von der zugeordneten Radaranlage als Antwortimpulse des Betriebsüberwachungssystems empfangen werden, bilden sie auf dem Bildschirm der Rundsichtanzeige Bänder oder Bereichsringe, die in einem keilförmigen Feld des Bildschirms liegen (Fig. 5). Diese Bänder stellen ein gut unterscheidbares Testmuster 174 auf der Rundsichtanzeige 173 dar, sie bestehen aus hellen Bogen- oder Kreisringstücken 175 von etwa eineinhalb Meilen "Dauer", die jeweils durch Intervalle von etwa eineinhalb Meilen unterbrochen sind und die sich bis etwa zwanzig Meilen fortsetzen. Da die größte Impulsfolgefrequenz vorzugsweise 3600 Hz mit einem Zwischenimpulsintervall von 22,7 Meilen beträgt, ist das Auftreten von "second-time-around"-Antwortsignalen, Signalen also, die einer Entfernung entsprechen, die größer ist als die der Impulsfolgefrequenz der Radaranlage entsprechende Entfernung, mit Sicherheit vermieden. Das rechteckförmige Ausgangssignal des Rechteckgenerators 234 schaltet den Zwischenfrequenzoszillator 238 wechselnd ein und aus und erzeugt eine entsprechende Folge von Zwischenfrequenzaus-

gangsimpulsen mit einer Frequenz von beispielsweise 115 MHz, die im wesentlichen der Übergangsfrequenz der Diskriminatorschaltung 222 in der AFC-Schleife gleich ist. Diese Impulse werden in herkömmlichen Verstärkern 240 und 242 verstärkt. Jedem dieser Verstärker wird von einer üblicherweise in der Nähe der Radaranlage angeordneten Schaltung 330, die zum Umschalten zwischen "Betrieb" und "Eichen" dient, getrennt ein Signal zur Steuerung des Verstärkungsfaktors zugeführt. Das Zwischenfrequenzgangssignal des Verstärkers 242 wird dem Mischer 214 zugeführt. Gleichzeitig ist der FET-Schalter 217 in seinen nichtleitenden Zustand gesteuert, und die Zwischenfrequenzverstärker 218, 220 und 221 sind unwirksam geschaltet, da das 244 µs andauernde Signal 232 der Impulserzeugungsmittel 230, welche das Antwortintervall des Betriebsüberwachungssystems bestimmen, als Schalt- bzw. Deaktivierungssignal an den Leitungen 404 bzw. 406 anliegt. Dadurch ist verhindert, daß das Antwortsignal des Verstärkers 242 in die AFC-Schleife eindringt und deren Frequenz bestimmt.

In dem Mischer 214 wird das Zwischenfrequenzgangssignal des Verstärkers 242 mit dem im S-Band liegenden Signal des Lokalszillators 216 gemischt, wenn die zugehörige Radaranlage im S-Band arbeitet, und mit der in dem Mischer 214 erzeugten dritten Harmonischen des Signals des Lokalszillators, falls die zugehörige Radaranlage im X-Band arbeitet. Das Ergebnis ist ein auf der Leitung 244 auftretendes Ausgangs-Seitenbandsignal, das dieselbe Frequenz hat, wie der Radarsender, also entweder im S-Band oder im X-Band liegt. In Fig. 4 sind diese Signale 245 bzw. 247 dargestellt. Das Signal wird über den Richtungskoppler 204 der Antenne 202 zugeführt und ausgestrahlt. Es wird von der Radarantenne 101 empfangen, in dem Radarsystem 100 verarbeitet und als ein gut unterscheidbares Antwortmuster 174 auf der Rundsichtbildfläche 173 angezeigt.

Der Betrieb des Richtungskopplers 204, des Detektors 208 und des Mixers 214 bei zwei Frequenzen macht sich in neuartiger Weise den Umstand zunutze, daß die Frequenz des X-Bandes, auf den Schiffsradaranlagen arbeiten, etwa dreimal so groß ist, wie die Frequenz des entsprechenden S-Bandes. Infolgedessen können die Abmessungen der genannten drei Mikrowellenkomponenten, die im wesentlichen einem Viertel der Wellenlänge entsprechen, wenn sie für den Betrieb auf dem S-Band bestimmt sind, auf drei Viertel der Wellenlänge des X-Bandes getrimmt werden. Diese frequenzbestimmenden Dimensionen entsprechen einem ungeradzahigen Vielfachen eines Viertels der Wellenlänge, wenn die drei genannten Komponenten in der weiter unten beschriebenen Weise betrieben werden.

Fig. 6 zeigt eine Darstellung der drei Mikrowellenkomponenten, wobei die wesentlichen Viertelwellenabmessungen in dem Richtungskoppler 204, dem Detektor 208 und dem Mischer 214, die als gedruckte Mikrowellenschaltungen ausgebildet sind, erkennbar sind. Infolge dieser Gestaltung sind sie für den Betrieb in den beiden Schiffsradarbandern geeignet, ohne daß irgendwelche Justierungen der Komponenten notwendig sind und ohne daß zwei getrennte Gruppen dieser Komponenten aufgewendet werden müssen. Zur Erläuterung sei angenommen, daß beispielsweise ein Signal des S-Bandes auf der Übertragungsleitung 246 eintrifft. Diese Übertragungsleitung 246 besteht aus einem metallischen Leiter, der durch eine dielektrische Schicht von im wesentlichen gleichförmiger Dicke von einer darunterliegenden

(nicht dargestellten) metallischen Grundplatte getrennt ist, wobei die Breite des metallischen Leiters so gewählt ist, daß sich ein Wellenwiderstand von 50 Ohm ergibt. Der Richtungskoppler 204 besteht aus zwei derartigen Übertragungsleitungen 256 und 258, die mit einer Kopplungslänge zueinander parallel laufen, die einem ungeradzahligem Vielfachen einer Viertelwellenlänge entspricht. Sie sind in diesem Kopplungsbereich durch eine Lücke voneinander getrennt, deren Breite beispielsweise 0,1 mm beträgt, woraus sich eine Kopplung von 10 dB ergibt. Die Länge des Kopplungsabschnittes ist bei der Darstellung in Fig. 6 so bemessen, daß sie einer Viertelwellenlänge des S-Bandes und einer Dreiviertelwellenlänge des X-Bandes entspricht. Hieraus ergibt sich der Vorteil, daß der Richtungskoppler ohne Änderung für beide Frequenzbänder von Schiffsradaranlagen verwendet werden können. Die Hauptausgangsleitung des Richtungskopplers 248 ist über ein Dämpfungsglied 206, das auf seiner der Übertragungsleitung zugewandten Oberfläche ein dünnes Blatt aus dielektrischem Material mit einem dünnen Überzug aus absorbierendem Material besitzt, mit einem Detektor 208 verbunden, der eine Diode 260 enthält, die mit einem Anschluß mit der Grundplatte verbunden ist. Das gleichgerichtete Ausgangssignal der Diode wird über Streifenleiter 262 und 264 zu einer Ausgangsklemme 263 geführt. Die Breite der Streifenleiter 262 und 264 beträgt etwa ein Sechstel der 50-Ohm-Leitung, woraus sich ein hoher Wellenwiderstand ergibt, der in Verbindung mit dem niedrigen Wellenwiderstand der beiden Viertelwellen-Abschnitte 266 und 268 eine Hochfrequenz-Drossel bildet, die an der Diode 260 wie ein offener Schaltkreis wirkt und damit eine Übertragung der Hochfrequenzenergie zu der Klemme 263 verhindert. Damit die Länge der Übertragungsleitungen 262, 266 und 268 einem ungeradzahligem Vielfachen einer Viertelwellenlänge entspricht, ist sie so dimensioniert, daß ihre Länge ein Viertel der Wellenlänge im S-Band und damit drei Viertel der Wellenlänge im X-Band hat, so daß die von ihnen gebildete Hochfrequenzdrossel in beiden Schiffsradarbändern wirksam ist.

Dem Diodenmischer 214 wird über eine 50-Ohm-Leitung 244 das Signal des Lokaloszillators 216 unter Zwischenschaltung eines S-Band-Isolators 219, beispielsweise eines Ferrit-Isolators bekannter Art, sowie das auf der Leitung 246 anstehende Signal über den Richtungskoppler 204 zugeführt. Die Laufrichtung des Signals auf der Leitung 258 ist derjenigen des Signals auf der Leitung 256 entgegengesetzt. Die beiden Signale werden in der Diode 268 gemischt und liefern ein Zwischenfrequenz Ausgangssignal. Die Streifenleiter 252 und 269, die einen großen Wellenwiderstand besitzen, führen das Zwischenfrequenz Ausgangssignal von der Diode 268 zu der Zwischenfrequenz-Eingangs-/Ausgangsklemme 270. Der Mischer 214 umfaßt ferner eine fächerförmig ausgebildete sich konisch verjüngende Leitung 254 mit niedrigem Wellenwiderstand, die mit dem Eingang der Diode 268 über die hochohmige Leitung 252 verbunden ist, und die ebenfalls aus einem dünnen metallischen Leiter besteht, der von der Grundplatte durch das dielektrische Substrat getrennt ist und einen Viertelwellentransformator bildet, der den von seinem äußeren bogenförmigen Rand gebildeten offenen Stromkreis in einen kurzgeschlossenen Stromkreis an dem Verbindungspunkt der beiden Streifenleiter 252 und 269 transformiert und damit über den eine Viertelwellenlänge langen Leiter 252 einen offenen Stromkreis an der Diode 268 darstellt. Die aus den Leitern 252 und

254 bestehende Hochfrequenzdrossel und die aus den Leitern 262, 266 und 268 bestehende Hochfrequenzdrossel haben jeweils die Funktion, Hochfrequenzenergie von den Gleichspannungs- bzw. Zwischenfrequenz-Ausgangsklemmen 263 bzw. 270 fern zu halten und können — falls der Raum es erlaubt — gegeneinander ausgetauscht werden. Beide Hochfrequenzdrosseln sind gleichermaßen für Zweifrequenzbetrieb geeignet, in dem sie sowohl S-Bandsignale als auch X-Bandsignale, die auf den Leitungen 244 und 248 auftreten oder in der Diode 268 erzeugt werden, von den Eingangs-Ausgangsanschlüssen 270 bzw. 263 fernhalten.

Damit machen sich der Richtungskoppler 204, der Detektor 208 und der Mischer 214 den an sich unerwünschten Umstand, daß die Elemente bei einer ungeradzahligem Harmonischen der fundamentalen S-Band-Frequenz ansprechen, zunutze, um auch im X-Band betrieben werden zu können, ohne daß getrennte Komponenten für jedes der beiden Frequenzbänder benötigt werden.

Fig. 7 zeigt die Diskriminatorschaltung 222. Sie beinhaltet einen Hochpaß und einen Tiefpaß, die durch ein Paar äquivalenter Ausgänge des Begrenzungsverstärkers 221 gespeist werden. Diese Bandpässe beinhalten LC-Schaltungen oder Resonanzkreise mit den Querkapazitäten 272 und 274, abstimmbare Längskapazitäten 276 und 278 sowie Querinduktivitäten 280 und 282. Die Längs- bzw. Queranordnung der Kondensatoren 272, 276 und 277, 278 transformiert den niedrigen Ausgangswiderstand des Begrenzungsverstärkers 221 auf einen höheren Wert, so daß die Güte der Resonanzkreise einer 3-dB-Bandbreite von etwa 20 MHz entspricht. Sie eignen sich damit für den vergleichsweise großen Frequenzbereich, in dem das Zwischenfrequenz Ausgangssignal liegen kann, bevor die AFC-Schleife verriegelt ist. Der Hochpaß ist mit der Anode einer als Detektorelement wirkenden Diode 284 verbunden, die ein hohes Vorwärts-Rückwärts-Widerstandsverhältnis besitzt, beispielsweise einem Exemplar der Type 1N5711. Diese ist so gepolt, daß an einem nachgeschalteten Kondensator 288 eine negative Gleichspannung auftritt. Der Tiefpaß ist mit der Kathode einer anderen als Detektorelement wirkenden Diode 286 derselben Bauart verbunden, die so gepolt ist, daß an dem nachgeschalteten Kondensator 290 eine positive Spannung auftritt. Die Spannungen an den Kondensatoren 288 und 290 addieren sich in dem Schaltungspunkt 292 über zwei hochohmige Widerstände 294 und 296, deren Widerstandswert beispielsweise 10 Megaohm beträgt, die in Verbindung mit dem hohen Vorwärts-Rückwärts-Widerstandsverhältnis der als Detektoren verwendeten Schottky-Dioden einen Schaltkreis mit großer Zeitkonstante bilden, so daß die Spannung an dem Schaltungspunkt 292 während der Zwischenimpulsintervalle im wesentlichen konstant bleibt. Der Hochpaß und der Tiefpaß sind durch die Kondensatoren 276 und 278 so abgestimmt, daß ihre Durchlaßbereiche 303 und 305 (Fig. 8A) einander überlappen. Die gleichgerichteten Ausgangssignale 307 und 309 der Detektordioden sind in Fig. 8B dargestellt. Die Summe 311 dieser beiden Spannungen, die an dem Schaltungspunkt 292 auftritt, ist in Fig. 8C dargestellt. Diese Summenspannung 311 wird dem Eingang der Operationsverstärker 298 und 300 zugeführt. Es handelt sich bei Operationsverstärkern um Typen, die mit hoher Eingangsimpedanz arbeiten, deren Verstärkungsgrad keiner merklichen Drift unterliegt und so groß ist, daß an ihrem Ausgang auf der Leitung 382 die in Fig. 8D dargestellte Frequenzabhängigkeit erzeugt

wird. Diese Kurve besitzt einen großen Fangbereich, der den breiten flachen Ausläufern 313 und 315 oberhalb und unterhalb des Nulldurchganges entspricht, sowie ein großes Spannungs-Frequenzverhältnis, das der großen Steilheit im Bereich des Nulldurchganges entspricht. Somit stellt die Schaltung eine neuartige Einrichtung zur Ausdehnung der impulsförmigen Eingangssignale und zur Verriegelung der AFC-Schleife über einen großen Eingangsfrequenzbereich dar, ohne daß eine Such- und Verriegelungsschaltung verwendet wird.

Im folgenden sei anhand von Fig. 9 in Verbindung mit Fig. 3 die Frequenzbestätigungsschaltung 227 beschrieben. Diese Schaltung stellt sicher, daß das UND-Glied 112 (Fig. 3) nur dann aktiviert und damit die Betriebsüberwachungsanordnung nur dann zur Abgabe eines Antwortsignals veranlaßt wird, wenn das Zwischenfrequenzsignal des Begrenzungsverstärkers 221 in der AFC-Schaltung mit der Frequenz des Zwischenfrequenzoszillators 238, der das Antwortsignal erzeugt, verriegelt ist.

Wenn die Radarantenne rotiert, rastet die AFC-Schaltung des Betriebsüberwachungssystems bei jeder Umdrehung ein, wenn die Radarantenne auf die Antenne des Betriebsüberwachungssystems gerichtet ist. Während der Restzeit hingegen ist die AFC-Schaltung nicht an die Radarfrequenz gebunden. Wenn das Betriebsüberwachungssystem 200 ein Signal von der Radarantenne 101 empfängt, ist eine endliche Anzahl von der Radarimpulsen erforderlich, bevor die AFC-Schaltung einrastet. Bei normalem Betrieb überschreitet das von dem Detektor der Schaltung nach Fig. 3 gelieferte Signal den Schwellenwert der Schwellwertschaltung 210, so daß dem UND-Glied 212 über die Leitung 213 ein Eingangssignal zugeführt wird, bevor die AFC-Schaltung eingerastet ist. Es ist nun wünschenswert, daß das Betriebsüberwachungssystem kein Antwortsignal liefert, bevor die AFC-Schleife bei der Frequenz einrastet, die der Ausgangsfrequenz des Zwischenfrequenzoszillators 238 entspricht, da die Frequenz des Antwortsignals des Betriebsüberwachungssystems andernfalls nicht auf der Frequenz des Radarsenders liegt. Für Radaranlagen mit manuell abgestimmten Empfängern würde sich nämlich ergeben, daß der Radarempfänger auf diese unkorrekten Antwortsignale abgestimmt werden könnte, die an den Vorder- und Rückkanten des auf dem Radarbildschirm 173 (Fig. 2 und 5) abgebildeten Antwortmusters 174 ungewollte Reaktionen hervorrufen würden. Durch diese ungewollten Signale an den Kanten des Musters würde die Abstimmung erschwert, wenn nicht zuvor das Zentrum des Musters sichtbar wird, das die genaue Abstimmung auf die Radarsendefrequenz anzeigt. Die Frequenzbestätigungsschaltung stellt außerdem sicher, daß das Betriebsüberwachungssystem nicht mit "falschen" Frequenzen antwortet, falls die AFC-Schaltung des Betriebsüberwachungssystems nicht korrekt arbeitet oder gar ausfällt.

Im folgenden sei die Wirkungsweise der Frequenzbestätigungsschaltung anhand von Fig. 9 erläutert: Vom Ausgang des Begrenzungsverstärkers 221 der AFC-Schaltung wird ein Zwischenfrequenzsignal über einen Widerstand 302 und einen Kondensator 304 zu einem Parallelschwingkreis übertragen, der aus einer Induktivität 306 und einer Kapazität 308 besteht und mit seiner Resonanzfrequenz auf die Frequenz des Zwischenfrequenzoszillators 238 abgestimmt ist. Falls die Eingangsfrequenz mit der Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises übereinstimmt, erscheint ein Zwischenfrequenzsignal an der Diode 310, die dieses gleichrichtet

und an einem Eingang der Komparatorschaltung 312 ein Gleichspannungssteuersignal erzeugt. Der andere Eingang des Komparators 312 ist mit einer Bezugsspannung verbunden, die mit Hilfe eines Potentiometers 316 auf einen die gewünschte Empfindlichkeit kennzeichnenden Wert eingestellt ist. Das Ausgangssignal der Komparatorschaltung 312 liefert über die Leitung 213 ein Signal an das UND-Glied 212, wenn die AFC-Schaltung auf die Frequenz des Zwischenfrequenzoszillators eingerastet ist. Das UND-Glied 212 veranlaßt sodann das Betriebsüberwachungssystem 200 zur Abstrahlung der korrekten Ausgangsfrequenz.

Das Betriebsüberwachungssystem 200 befindet sich in der Nachbarschaft der normalerweise am oberen Ende eines Mastes montierten Radarantenne. Wenn die Betriebsfunktion der Radaranlage überprüft werden soll, wird das Betriebsüberwachungssystem 200 über einen (nicht dargestellten) Schalter eingeschaltet. Falls die Ausgangsleistung des Radarsenders und die Empfindlichkeit sowie die Abstimmung des Radarempfängers innerhalb vorgegebener Grenzen liegen, erscheint auf dem Radarbildschirm 173 das in Fig. 5 dargestellte, aus hellen Bogenstücken 175 bestehende Muster 174. Falls das ganze Muster 174 nur schwach oder gar nicht sichtbar ist, betätigt die Bedienungsperson bei einer manuell abstimmbaren Radaranlage die Abstimmung des Empfängers so lange, bis ein Testmuster maximaler Helligkeit erscheint. Falls das charakteristische Antwortmuster nicht einstellbar ist, liegt die Leitung der Radaranlage unterhalb der vorgegebenen Grenzwerte.

Bei der Erstinstallation muß das Betriebsüberwachungssystem auf die akzeptierbaren Leistungstoleranzgrenzen der Radaranlage geeicht werden. So kann beispielsweise festgesetzt werden, daß die Radarsendeleistung um 5 dB vom Nennwert absinken darf und daß die Empfindlichkeit des Radarempfängers für auf der Senderfrequenz liegende Signale einschließlich der Abstimmefekte um 10 dB von ihrem Nennwert abweichen darf. Diese beiden Kriterien bilden dann die Toleranzgrenzen für einen ordnungsgemäßen Betrieb. Falls die Senderleistung und/oder die Empfängerempfindlichkeit außerhalb dieser Grenzen liegen, muß das von dem Betriebsüberwachungssystem erzeugte Antwortmuster verschwinden. Die Eichung wird in folgender Weise vorgenommen:

Wenn die Radaranlage nach ihrer Installation oder nach einer Überholung, bei der sie unabhängig von dem Betriebsüberwachungssystem auf vorgegebene Standardwerte eingestellt wurde, mit ihrem normalen Leistungsspiegel arbeitet, werden die Pege- der Vergleichseinrichtung 210 und des Antwortsignals justiert. Dabei wird die Eich- und Steuerschaltung 330 (Fig. 3) benutzt, deren Bedienungsorgane sich in der Nähe der Bedienungsorgane der Radaranlage befinden. Zur Eichung wird der Schalter 331 in die Eichposition umgelegt, während das mit den Spannungsquellenanschlüssen 336 und 338 verbundene Spannungsteilerpotentiometer 334 in eine Position gebracht wird, bei der der Verstärker 242 sein maximales Ausgangssignal liefert. Das Potentiometer 340, mittels dessen der Verstärkungsgrad eines einem Spannungskomparator in der Schwellwertschaltung vorgeordneten Verstärkers beeinflussbar ist, wird so lange verschoben, bis sich der Schwellwertpegel auf einem Punkt befindet, bei dem die Betriebsüberwachungsanordnung gerade kein Antwortsignal mehr erzeugt, so daß das charakteristische Antwortmuster 174 auf dem Radarbildschirm 173 verschwindet. Der Schalter 331 wird dann wieder in die Betriebsstellschaltung

zurückgelegt, wodurch die Referenzspannung der Vergleichseinrichtung 210 so verändert wird, daß der Schwellwert um 5 dB niedriger wird, wodurch das Antwortmuster 174 wieder mit voller Helligkeit erscheint. Anschließend wird der Schalter 332 in die Eichstellung gebracht, und das Potentiometer 334 wird derart eingestellt, daß der Verstärkungsgrad des Verstärkers 242 sich verringert und die Leuchstärke des Antwortsignals 174 auf dem Radarbildschirm 173 absinkt, bis das Signal schließlich nicht mehr sichtbar ist. Anschließend wird der Schalter 332 wieder in seine Betriebsposition zurückgelegt, wodurch der Verstärkungsgrad des Zwischenfrequenzverstärkers 240 um 10 dB erhöht wird, so daß das Antwortmuster wieder mit voller Helligkeit erscheint. Damit ist der Eichvorgang beendet. Falls die Ausgangsleistung des Radarsenders um 5 oder mehr dB abweicht, wird die Betriebsüberwachungsanordnung nicht wirksam, so daß auf dem Radarbildschirm 173 kein Antwortmuster erscheint. Falls die Empfindlichkeit des Radarempfängers um 10 dB abweicht oder der Empfänger entsprechend stark verstimmt ist, verringert sich die Brillanz des Musters 174 auf dem Radarbildschirm 173, bis es nicht mehr sichtbar ist. In jedem dieser Fälle signalisiert das Verschwinden des Antwortmusters, daß die Betriebsweise der Radaranlage außerhalb der vorgegebenen akzeptierbaren Grenzen liegt.

Fig. 10 zeigt eine Schaltungsvariante, bei der eine Rauschquelle zur Erzeugung eines Antwortsignals dient, die ein unterscheidbares Muster auf der Radaranzeigevorrichtung erzeugt. Das Testmuster dient wieder zur Überwachung der Radarsenderleistung und der Empfängerempfindlichkeit. Die Abstimmung des Radarempfängers wird hingegen nicht überwacht, da das Rauschsignal sich über einen weiten Frequenzbereich erstreckt, so daß die Empfängerempfindlichkeit geprüft werden kann, ohne das Antwortsignal auf die spezielle Frequenz des Empfängers zu begrenzen.

Im folgenden sei die in Fig. 10 dargestellte Anordnung kurz erläutert. Man erkennt wieder die Radaranlage 100 mit der Radarantenne 101 und dem Rundschichtbildschirm 174. Die Antenne 101 strahlt Impulse hochfrequenten Energie in den Raum. Ein Teil dieser Energie gelangt zu der Antenne 202 des Betriebsüberwachungssystems 350.

Der oben beschriebene Richtungskoppler 204, der mit seinem Hilfsarm an einer Anpassungslast 203 endet, dient bei dieser Schaltung dazu, eine Signalprobe des Hochfrequenzsignals über den Hilfsarm 244 an den Detektor 208 weiterzuleiten. Das Gleichspannungsausgangssignal des Detektors 208 wird der einstellbaren Vergleichseinrichtung 210 zugeführt, die wieder den Pegelwert bestimmt, bei welchem ein Ausgangssignal zur Triggerung des Austastgenerators 230 erzeugt wird. Der Schwellwertpegel ist durch Fernbedienung über die Eichsteuerung 330 in der oben beschriebenen Weise einstellbar. Das Ausgangssignal der Impulserzeugungsmittel 230 aktiviert den Rechteckgenerator 234 für eine Dauer, von beispielsweise 244 µs, was der gewünschten Dauer des Antwortsignals des Betriebsüberwachungssystems entspricht. Wenn die Impulserzeugungsmittel 234 auf diese Weise aktiviert werden, erzeugen sie ein rechteckförmiges Ausgangssignal, das dem Signal 237 von Fig. 3 entspricht. Dieses Ausgangssignal aktiviert einen Rauschgenerator 353, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine (nicht dargestellte) Halbleiter-Rauschdiode verwendet, die abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird und dabei ein Breitband-Hochfrequenzausgangssignal liefert, das über den Richtungskoppler

204 unmittelbar zu der Antenne 202 gekoppelt wird. Der Pegel dieses Hochfrequenz-Antwortsignals ist während der Eichung durch einen Pegelstellkreis 351 in der oben beschriebenen Weise einstellbar. Statt der Halbleiter-Rauschdiode kann auch eine herkömmliche Rauschdiode Verwendung finden, wobei allerdings Voraussetzung ist, daß ihr Ausgangssignal der Radaranlage nicht über die Antenne 202 sondern über einen (nicht dargestellten) konventionellen Koppler zugeführt wird, der in die Übertragungsleitung, welche die Radarantenne 101 mit dem Empfänger der Radaranlage 100 verbindet, eingefügt wird. Die bei der vorliegenden Schaltungsvarianten verwendete Rauschdiode besitzt einen vergleichsweise hohen Hochfrequenzausgangspegel, so daß das Rücksignal über den freien Raum übertragen werden kann.

Fig. 11 zeigt ein detailliertes Schaltbild des Betriebsüberwachungssystems. In dieser Darstellung sind die Teile, die mit den gleichwirkenden Teilen der bereits beschriebenen Bilder übereinstimmen, mit denselben Bezugszeichen versehen wie in diesen. Bei der Betriebsart "Empfang" nimmt die Antenne 202 (Fig. 11B) eine Signalprobe des Sendesignals einer zugeordneten Radaranlage auf und führt es über den Richtungskoppler 204 und das Dämpfungsglied 206 zu dem Detektor 208. Die Diode 362 des Detektors 208 bewirkt eine Gleichrichtung des Signals und liefert über die Leitung 386 ein Ausgangssignal an die Vergleichseinrichtung 210. Die Antenne 202 ist vorzugsweise als gedruckte Leiterplatte ausgebildet, die außerhalb des (nicht dargestellten) Metallgehäuses angeordnet ist, in dem sich die übrigen ebenfalls als gedruckte Leiterplatten ausgebildeten Schaltungsbaugruppen des Betriebsüberwachungssystems befinden. Die Antenne 202 ist durch ein für Mikrowellenfrequenzen durchlässiges (nicht dargestelltes) Radom geschützt. Sie kann entweder als Zweifrequenz-Antenne ausgebildet sein, die sich sowohl für das S-Band als auch für das X-Band eignet, oder aus separaten Gliedern bestehen, die jeweils für eines dieser Frequenzbänder geeignet sind.

Der Hilfsarm des Richtungskopplers 204 liefert einen Teil des von der Antenne 202 aufgenommenen Signals an den Mischer 214, in dem es mit dem Signal eines auf dem S-Band arbeitenden spannungsgesteuerten Lokaloszillators 216 gemischt wird, wenn das Radarsignal 245 im S-Band liegt (Fig. 4) oder mit der dritten Harmonischen des Lokaloszillatorsignals, wenn das Radarsignal 247 im X-Band liegt (Fig. 4). Diese dritte Harmonische wird in dem Mischer 214 erzeugt. Der Mischer 214 enthält eine Einfachdiode 352, die vorzugsweise als Schottky-Diode ausgebildet ist und die über eine Induktivität 353 gleichstrommäßig mit Masse verbunden ist. Die ankommenden Radarsignalproben und das Signal des Lokaloszillators 216 werden in der Diode 352 gemischt und erzeugen auf der zu dem Anschluß 270 (Fig. 11A) führenden Leitung 354 ein Zwischenfrequenzausgangssignal. Der auf dem S-Band arbeitende spannungsgesteuerte Lokaloszillator 216 besitzt einen Hochfrequenztransistor 356, der Bestandteil einer gedruckten Mikrostreifenleiter-Schaltungsanordnung ist, deren Mittenfrequenz durch die Länge einer durch einen veränderbaren Kondensator 360 in bekannter Weise abstimmbare Resonanzleitung 358 bestimmt ist. Die Frequenz kann elektronisch durch eine von der oben beschriebenen AFC-Schleife gelieferte Steuerspannung verändert werden, die der Basis des Transistors 356 zugeführt wird und die die Oszillatorfrequenz ändert, um die AFC-Schaltung zu verriegeln.

Der Isolator 219 schützt den Lokoszillator gegen den störenden Einfluß des von der Impedanz des Mischers 214 verursachten Fehlableichs, der abrupt zunimmt, wenn die Radarsignalprobe der Mischerdiode zugeführt wird. Der Isolator 219 kann entweder ein nicht umkehrbarer Ferritisolator bekannter Art oder ein "aktiver Isolator" sein, der eine oder mehrere vorzugsweise als Halbleiterverstärker ausgebildete Verstärkungsstufen besitzt, denen Widerstands-dämpfungs-glieder bekannter Art vorgeschaltet sind, deren Dämpfungswert näherungsweise der Verstärkung der nachgeordneten Verstärkungsstufen entspricht, so daß sich eine Vorwärtsverstärkung von 1 ergibt, während sich in der Gegenrichtung im wesentlichen die Wirkung eines Isolators ergibt. Dieser aktive Isolator verursacht keine Einfügungsverluste, er kann sogar auf Wunsch eine beträchtliche Einfügungsverstärkung bringen, mit der das Ausgangssignal des Lokoszillators vergrößert wird. Er erfordert auch nicht die Verwendung eines Permanentmagneten und kann auch bei Anwesenheit von magnetischen Feldern betrieben werden. Er kann als gedruckte Schaltung ausgebildet werden. Um sicherzustellen, daß der von Natur aus temperaturempfindliche Transistor 356 gegen große Schwankungen der Umgebungstemperatur geschützt ist, die die Frequenzverriegelung der AFC-Schleife aufheben könnten, ist eine Wärmesteuerung 364 vorgesehen, die die Temperatur der Leiterplatte in der Nähe des Transistors ermittelt und ein Paar von Heizwiderständen 366 und 368 in Abhängigkeit von einem als Thermistor-Temperaturfühler 370 steuert, der in bekannter Weise in eine Brückenschaltung 372 eingefügt ist. Die Brückenschaltung 372 steuert über einen herkömmlichen Gleichspannungsverstärker 374 einen Transistor 376 zur Wärmesteuerung, in dessen Kollektorkreis die beiden Heizwiderstände 366 und 368 eingefügt sind.

Das Zwischenfrequenzgangssignal des Mischers 214 wird einem Feldeffekttransistor 378 (Fig. 11A) zugeführt, der als Schalter 217 arbeitet und der verhindert, daß das von dem Betriebsüberwachungssystem erzeugte Antwortsignal, das während des "Antwortbetriebs" der Einrichtung an der Klemme 270 anliegt, zu den Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 gelangt, die die AFC-Schleife einfängt und auf der Zwischenfrequenz des Antwortsignals verriegelt statt auf dem dem ankommenden Radarsendesignal entsprechenden Zwischenfrequenzsignal. Bei Empfangsbetrieb der Einrichtung wird das Ausgangssignal des Feldeffekttransistorschalters 217 in den zweikanaligen Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 verstärkt, welche die Diskriminatorschaltung 222 (Fig. 11B) speisen. Die Verstärker 218 und 220 haben einen hinreichend großen Verstärkungsgrad, um den Verstärker 221 in die Sättigung zu steuern, so daß der Betrieb der Diskriminatorschaltung 222 nur von der Frequenz des Signals am Eingang des Verstärkers 218, nicht aber von dessen Amplitude abhängig ist.

Die Diskriminatorschaltung 222 liefert — wie bereits erwähnt — eine frequenzabhängige Ausgangsspannung. Die Frequenzabhängigkeit dieser Ausgangsspannung besitzt einen steilen Nulldurchgang, was einem großen Spannungs-Frequenz-Verhältnis entspricht, so daß die Frequenz des Lokoszillators 216 mit sehr großer Genauigkeit bei der diesem Nulldurchgang der Diskriminatorschaltung entsprechenden Frequenz gehalten wird. Hierdurch ist sichergestellt, daß das Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems auf der Frequenz des ankommenden Radarsendesignals gehalten

wird, insofern als die Quelle 238 für die Zwischenfrequenz des Antwortsignals fabrikseitig auf die dem Nulldurchgang entsprechende Frequenz der Diskriminatorschaltung abgestimmt ist.

Um den Fangbereich der AFC-Schleife so groß zu machen, daß er sich über den vollen Frequenzbereich erstreckt, auf dem die bei Schiffsradaranlagen verwendeten Magnetrons arbeiten, ist der Ausgang der Diskriminatorschaltung von zwei Verstärkerstufen 378 und 380 gebildet. Die letzte dieser Stufen 380 wird in die Sättigung gesteuert, so daß der Gesamtfrequenzgang der Diskriminatorschaltung die in Fig. 8D dargestellten breiten flachen Abschnitte 313 und 315 aufweist.

Das auf der Leitung 382 auftretende Gleichspannungsausgangssignal der Diskriminatorschaltung 222 wird zu dem auf dem S-Band arbeitenden spannungsgesteuerten Lokoszillator 216 zurückgeführt und schließt damit die AFC-Schleife, so daß der Lokoszillator 216 auf einer Frequenz gehalten wird, die nach ihrer Mischung mit dem ankommenden Radarsignal ein resultierendes Zwischenfrequenzsignal liefert, das genau der Nulldurchgangsfrequenz der Diskriminatorschaltung 222 entspricht. Diese entspricht im wesentlichen der Frequenz des Zwischenfrequenzoszillators 238, so daß das Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems auf derselben Frequenz liegt wie das Radarsendesignal. Dies ist erforderlich, um die Abstimmung des Radarempfängers genau überwachen zu können.

Ein Teil des Ausgangssignals des Begrenzungsverstärkers 221, der die Diskriminatorschaltung 222 speist, wird der bereits oben beschriebenen Frequenzbestätigungsschaltung zugeführt. Diese Schaltung liefert über die Leitung 213 ein Signal an das UND-Glied 212. Ihre Aufgabe besteht darin, daß die Aussendung eines Antwortsignals durch das Betriebsüberwachungssystem dann und nur dann zuzulassen, wenn die AFC-Schleife den Lokoszillator 216 auf die geforderte Frequenz verriegelt hat. Um dies zu erreichen, ist ein Bandpaß 224 mit einem aus der Induktivität 306 und der abstimmbaren Kapazität 308 bestehenden Resonanzkreis 225 so abgestimmt, daß seine Resonanzfrequenz der des Zwischenfrequenzoszillators 238 entspricht, so daß nur Signale dieser besonderen Frequenz zu der Diode 310 gelangen, die daraus ein gleichgerichtetes Signal erzeugt, das über die Leitung 386 dem Komparator 312 zugeführt wird. Dieser Komparator bestimmt die Empfindlichkeit der Frequenzbestätigungsschaltung, indem er das Signal auf Leitung 386 mit einer Bezugsspannung vergleicht, die das Spannungsteilerpotentiometer 316 liefert. Die Empfindlichkeit ist vorzugsweise so eingestellt, daß die Frequenztoleranz im wesentlichen der Bandbreite des Empfängers in der zugeordneten Radaranlage entspricht. Der Ausgang des Komparators 312 ist über die Leitung 213 mit dem UND-Glied 212 (Fig. 11D) verbunden und liefert ein Signal, das zusammen mit einem von der Vergleichseinrichtung 210 über die Leitung 211 angelieferten Signal die Aktivierung des UND-Gliedes 212 und damit die Erzeugung eines Antwortsignals des Betriebsüberwachungssystems veranlaßt.

Die in Fig. 11A dargestellte Vergleichseinrichtung 210 empfängt auf der Leitung 386 ein Eingangssignal von dem Detektor 208. Dieses Signal wird dem Videoverstärker 388 zugeführt, dessen Verstärkungsgrad durch Änderung des effektiven Widerstandes des Tors 390 regulierbar ist. Der effektive Widerstand des Tors 390 ist durch Änderung der an seiner Steuerelektrode

anliegenden Spannung mit Hilfe des Potentiometers 340 einstellbar. Das Ausgangssignal des Videoverstärkers 388 wird dem Spannungskomparator 392 zugeführt und mit einer Referenz-Schwellwertspannung verglichen, die durch Spannungsteilerwiderstände 394 und 396 in Verbindung mit dem Potentiometer 398 und dem Schalter 331 zur Umschaltung zwischen der Eich- und der Betriebsstellung bestimmt ist. Das Potentiometer 398 dient dazu, die Größe eines Schrittes des Schwellwertpegels von beispielsweise 5 dB einzustellen, der während der Eichung wirksam wird. Hierbei wird das Potentiometer 398 durch Schließen des Schalters 331 mit einer -5 V-Spannungsquelle verbunden, wodurch der Schwellwertpegel, oberhalb dessen auf der Leitung 211 ein Ausgangssignal erscheint, vergrößert wird. So kann ein Abfall der Sendeleistung der zugeordneten Radaranlage um beispielsweise 5 dB stattfinden, bevor das unterscheidbare Muster 174 auf dem Radarschirm 173 verschwindet und die Bedienungsperson Fehleranzeige erhält. Die Schaltung 400 bildet eine Integrierschaltung, die eine der Stärke des Hochfrequenzsignals der Radaranlage proportionale Testspannung liefert. Bei der Installation der Betriebsüberwachungseinrichtung bildet diese Testspannung ein Gleichspannungssignal zur Anzeige auf einer nicht dargestellten Anzeigevorrichtung.

Wenn den Schaltmitteln 212 und 228 über die Leitungen 211, 213 und 219 gleichzeitig Signale zugeführt werden, liefern sie über die Leitung 426 ein Ausgangssignal, mit dem die Impulserzeugungsmittel 230 getriggert werden. Diese beinhalten eine herkömmliche integrierte Schaltung 231, und liefern ein 244 μ s langes Tastsignal, das der gewünschten Dauer des Antwortsignals des Betriebsüberwachungssystems entspricht. Die Impulserzeugungsmittel 230 liefern drei getrennte Ausgangssignale mit dem in Fig. 3 dargestellten Signalverlauf 232: Eines dieser Signale wird über die Leitung 404 übertragen und bildet ein Schaltsignal für den Feldeffekttransistor-Schalter 217; das über das Tor 402 und die Leitung 406 übertragene Signal dient zur Steuerung der Verstärkung der Zwischenfrequenzverstärker 218, 220 und 221; das über die Leitung 233 übertragene Signal dient zur Aktivierung der Impulserzeugungsmittel 234. Diese verwenden eine integrierte Schaltung 410 und liefern eine Reihe rechteckförmiger Impulse mit dem in Fig. 3 dargestellten Signalverlauf 237, die den Balken 175 des Testmusters 174 entsprechen, das auf dem Radarschirm 173 (Fig. 2 und 5) abgebildet wird. Der Zwischenfrequenzoszillator 238 wird durch diese Impulse über die Leitung 412 und das Tor 414 ein- und ausgeschaltet.

Der Zwischenfrequenzoszillator 238 beinhaltet eine integrierte Schaltung 416, ein Potentiometer 413 zur Einstellung des Schaltpegels sowie einen Resonanzkreis 418, der so justiert ist, daß die Oszillatorfrequenz der gewünschten Arbeitsfrequenz von beispielsweise 115 MHz entspricht. Die Nulldurchgangsfrequenz der Diskriminatorschaltung 222 und die Frequenz der Frequenzbestätigungsschaltung 227 sind auf die Frequenz des Zwischenfrequenzoszillators 238 eingestellt. Dadurch ist sichergestellt, daß das von dem Betriebsüberwachungssystem erzeugte Antwortsignal dieselbe Frequenz hat wie der zugeordnete Radarsender.

Der Zwischenfrequenzoszillator 238 erzeugt eine Folge von Zwischenfrequenzimpulsen, die in mit Feldeffekttransistoren 415 bzw. 417 bestückten Verstärkern 240 bzw. 242 verstärkt werden. Die veränderbaren Kondensatoren 419 und 421 sind unter Berücksichtigung der zugeordneten Induktivitäten so eingestellt, daß die Mittenfrequenz des Zwischenfrequenzbandfilters der Fre-

quenz des Zwischenfrequenzoszillators 238 entspricht. Zur Eichung der Signalstärke des Ausgangssignals des Betriebsüberwachungssystems besitzt der Zwischenfrequenzverstärker 240 geeignete Mittel zur Einstellung einer Verstärkungs-Stufe, die durch das Potentiometer 420 und den Schalter 332 auf beispielsweise 10 dB eingestellt werden kann. Das bedeutet, daß die Verstärkung um 10 dB höher ist, wenn sich der Schalter 332 in der Betriebsstellung befindet, als dann, wenn er sich in der Eichstellung befindet. Dies entspricht einer gleich großen Verringerung der Empfindlichkeit des Radarempfängers um beispielsweise 10 dB. Diese Empfindlichkeitsverringerng ist beim vorliegenden Beispiel als Grenzwert für einen ordnungsgemäßen Betrieb gewählt. Zur kontinuierlichen Justierung der Stärke des Ausgangssignals des Betriebsüberwachungssystems dient das Potentiometer 334, das zusammen mit den Widerständen 426 und 428 einen einstellbaren Spannungsteiler zur Steuerung des Verstärkungsgrades des Zwischenfrequenzverstärkers 242 bildet.

Zur Eichung des Ausgangssignalpegels auf der Leitung 423 wird zunächst der Schalter 332 in die Eichstellung gebracht und sodann das Potentiometer 334 so lange verstellt, bis das Antwortsignal 174 auf dem Radarschirm 173 gut sichtbar ist. Anschließend wird der Schalter 332 in die Betriebsstellung gebracht, so daß die Verstärkung des Zwischenfrequenzverstärkers 240 um eine Stufe von beispielsweise 10 dB anwächst. Falls die Empfindlichkeit des Radarempfängers oder die Leistung um mehr als 10 dB abfallen, verschwindet das Testmuster auf dem Radarschirm und zeigt so der Bedienungsperson an, daß die Leistung der Radaranlage unter den für einen ordnungsgemäßen Betrieb festgelegten Grenzwert abgesunken ist.

Das Zwischenfrequenzsignal wird über die Leitung 423, den Verbindungspunkt 270 und die Leitung 354 zu dem Zwischenfrequenz-Eingangs-/Ausgangskreis des Mischers 214 übertragen. In der Mischdiode 352 wird es mit dem Hochfrequenzsignal des Lokaloszillators sowie mit dessen dritter Harmonischen gemischt. Durch diese Mischung entsteht ein Hochfrequenz-Seitenband mit der Frequenz des Radarsenders unabhängig davon, ob diese Frequenz im S-Band oder im X-Band liegt. Dieses Hochfrequenz-Seitenbandsignal wird über die Leitung 244 durch den Richtungskoppler 204 zu der Antenne 202 übertragen und als Antwortsignal zu der Radarantenne 101 gestrahlt. Unabhängig davon, ob der Radarempfänger im S-Band oder im X-Band arbeitet, erscheint auf dem Radarschirm 173 das in Fig. 2 und 5 dargestellte unterscheidbare Muster, welches anzeigt, daß die Leistung und das Betriebsverhalten sowohl der Radaranlage als auch des Betriebsüberwachungssystems selbst zufriedenstellend sind. Fig. 12 zeigt die zeitliche Beziehung zwischen dem Radarsendesignal und den Antwortsignalen des Betriebsüberwachungssystems. Falls das Muster 174 nicht auf dem Radarschirm 173 erscheint, obwohl die Bedienungsperson das Betriebsüberwachungssystem einschaltet, ist dies ein Be-weisanzeichen für eine mögliche Fehlfunktion in der Radaranlage oder in dem Betriebsüberwachungssystem.

Es sei noch einmal die in Fig. 11C dargestellte Eichschaltung betrachtet und zwar insbesondere die mit der Leitung 501 verbundene Schaltung zur Justierung des Antwortsignals und die mit der Leitung 502 verbundene Schaltung für die Abstufung der Stärke des Antwortsignals. Die Darstellung zeigt eine Modifizierung der Eichschaltung, bei der zusätzliche Schaltmittel vorgesehen sind, mit deren Hilfe ein Nachlassen der Empfänger-

empfindlichkeit um weniger als 10 dB überwacht und geeicht werden kann. Diese zusätzliche Eichung wird im Zusammenhang mit Radaranlagen verwendet, die auf Wunsch eine automatische Zielverfolgung durchführen, bei der aus Sicherheitsgründen auch kleine Empfindlichkeitsänderungen von beispielsweise 5 dB angezeigt werden sollen, wenn die Radaranlage automatisch oder in sogenanntem "Nachtwache"-Betrieb arbeitet. Bei dieser Betriebsart wird ein Alarmsignal erzeugt, sobald Betriebsbedingungen auftreten, die die Aufmerksamkeit der Bedienungsperson erfordern, oder wenn die Leistung der Radaranlage um einen vorgegebenen Wert von beispielsweise 5 dB absinkt.

Um die Eichung für diesen automatischen oder "Nachtwache"-Betrieb durchzuführen, werden die Schalter 504 und 506 betätigt, so daß sie die Leitung 501 mit dem Potentiometer 508 bzw. die Leitung 503 mit dem Verbindungspunkt der Spannungsteilerwiderstände 510 und 512 verbinden. Die Schalter 504 und 506 sind vorzugsweise miteinander gekuppelt, um die Umschaltung von normalem auf automatischen Betrieb zu erleichtern. Sodann wird das Ausgangssignal auf der Leitung 423 geeicht, indem zunächst der Schalter 332 in seine Eichstellung umgelegt wird und das Potentiometer 508 so lange verstellt wird, bis das Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems den Pegelwert überschreitet, der bei dem genannten automatischen Betrieb der Radaranlage ein zufriedenstellendes Betriebsverhalten anzeigt. Bei Radaranlagen, die zwei oder mehr quantisierte Videostufen verwenden, ist dieser Pegelwert im allgemeinen der Pegel, der dem zweiten Videoschwellwert entspricht. Da dieser zweite Videoschwellwert üblicherweise 6 bis 10 dB über dem ersten Schwellwert liegt, der den Minimalpegel bestimmt, bei dem die Signale auf der Rundsichtanzeige noch erkennbar sind, ist die bei automatischem Betrieb der Radaranlage erforderliche Stärke des Antwortsignals entsprechend größer als bei normalem Betrieb, bei dem nur der Mindestpegel überschritten werden muß, bei dem das Signal sichtbar wird. Wenn das Potentiometer 508 so eingestellt ist, daß das Signal 174 den zweiten Videoschwellwert gerade überschreitet, wird der Schalter 332 von der Eichstellung in die Betriebsstellung zurückgelegt, wodurch die Verstärkung des Zwischenfrequenzverstärkers 240 um eine Stufe von beispielsweise 5 dB erhöht wird. Diese Verstärkungserhöhung erfolgt dadurch, daß die Vorspannung des Feldeffekttransistors 415 geändert und damit dessen Verstärkungsgrad erhöht wird. Damit ist die Eichung des Betriebsüberwachungssystems für das Arbeiten mit einer Radaranlage, die auf Wunsch mit automatischer Zielverfolgung arbeitet, beendet. Die Empfindlichkeit des Radarempfängers muß — einschließlich der durch Fehlabtimmung hervorgerufenen Empfindlichkeitsverluste um 5 dB abnehmen, damit das quantisierte Videosignal von dem zweiten auf den ersten Schwellwert abfällt, wobei ein Alarmsignal erzeugt wird. Das Antwortsignal auf dem Radar-Rundsichtschirm ist bei dem ersten Pegel noch sichtbar, so daß die Bedienungsperson das Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems und die von tatsächlichen Zielen ausgehenden Rücksignale bewerten und von "Nachtwache"-Betrieb auf normalen Betrieb umschalten kann, bis wieder normale Empfängerempfindlichkeit hergestellt ist.

Es sei noch einmal auf Fig. 11A Bezug genommen: Um zu verhindern, daß das an dem Verbindungspunkt 270 anliegende Zwischenfrequenz-Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems über die Leitung 224 in

die AFC-Schleife eindringt, wird der den Feldeffekttransistor 378 enthaltende Schalter 217 während der Antwortzeit des Betriebsüberwachungssystems durch ein an der Leitung 404 anliegendes Ausgangssignal des Tastgenerators 230 ausgeschaltet. Gleichzeitig wird den Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 von den Impulserzeugungsmitteln 230 über die Leitung 406 ein Signal zur Verstärkungsreduzierung zugeführt. Damit ist positiv sichergestellt, daß nicht ein Teil des Zwischenfrequenz-Antwortsignals in die Diskriminatorschaltung 222 eindringt und die Wirkung der AFC-Schleife beeinträchtigt. Dies ist insbesondere deshalb wünschenswert, weil das Zwischenfrequenz-Antwortsignal des Betriebsüberwachungssystems aus einer Reihe von 6,1 μ s-Impulsen besteht, die nach jedem von dem Radarsystem 100 empfangenen Impuls während einer Dauer von 244 μ s erzeugt werden, wohingegen das gewünschte Zwischenfrequenzsignal aus dem von der Radaranlage 100 empfangenen Impuls abgeleitet wird, der eine Dauer von beispielsweise nur 0,5 oder 0,1 μ s hat. Während der Zeit, in der das Radarsignal von dem Betriebsüberwachungssystem empfangen wird, ist der Schalter 217 eingeschaltet, da kein Signal an der Leitung 404 anliegt. Die Zwischenfrequenzverstärker 218, 220 und 221 arbeiten mit voller Verstärkung, da auch an der Leitung 406 kein Reduzierungssignal anliegt. Deshalb ist das der empfangenen Signalprobe des Radarsendeimpulses entsprechende Zwischenfrequenzsignal an dem Eingang der Diskriminatorschaltung 222 stark genug, um die AFC-Schleife bei der 115 MHz-Nulldurchgangsfrequenz der Diskriminatorschaltung zu verriegeln.

Um unerwünschte Schwingungen zu unterbinden, die infolge einer Streurückkopplung zwischen den Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 der AFC-Schleife und den Zwischenfrequenzverstärkern 240 und 242 für das Antwortsignal auftreten können, muß verhindert werden, daß alle Verstärker gleichzeitig ihre volle Verstärkung haben. Dies wird durch ein von dem Rechteckgenerator 410 an die Leitung 430 (Fig. 11D) abgegebenes Verstärkungsreduzierungssignal erreicht. Dieses Signal wird nur dem Verstärker 240 (Fig. 11C und 3) zugeführt und reduziert seine Verstärkung außer während jedes der 6,1 μ s-Impulse, die die Impulsfolge 237 bilden. Da den Zwischenfrequenzverstärkern 218, 220 und 221 — wie oben beschrieben — während dieser ganzen Impulsfolge ein Verstärkungsreduzierungssignal zugeführt wird, besitzen die fünf Zwischenfrequenzverstärker niemals gleichzeitig alle ihre volle Verstärkung.

Hierzu 10 Blatt Zeichnungen

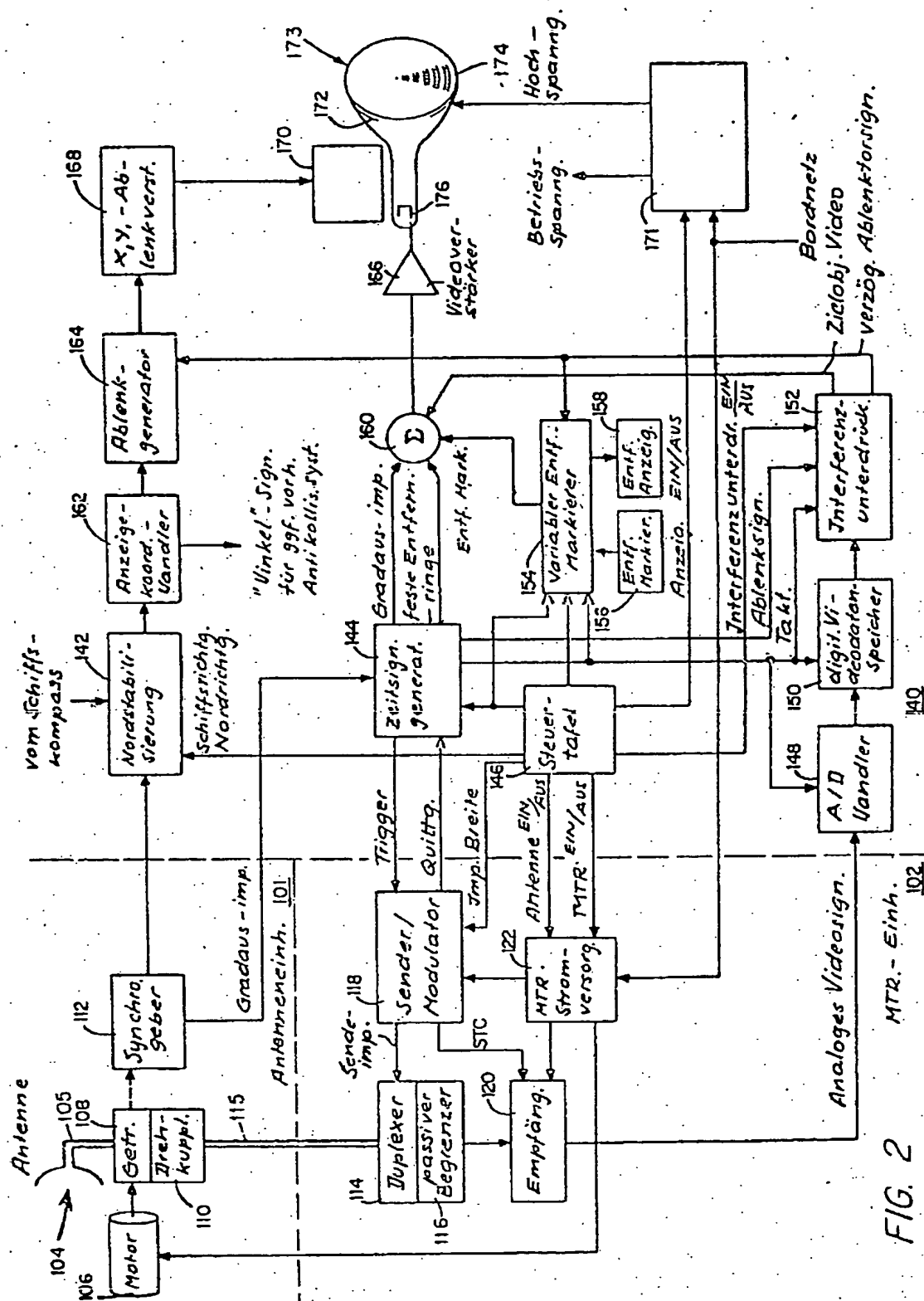
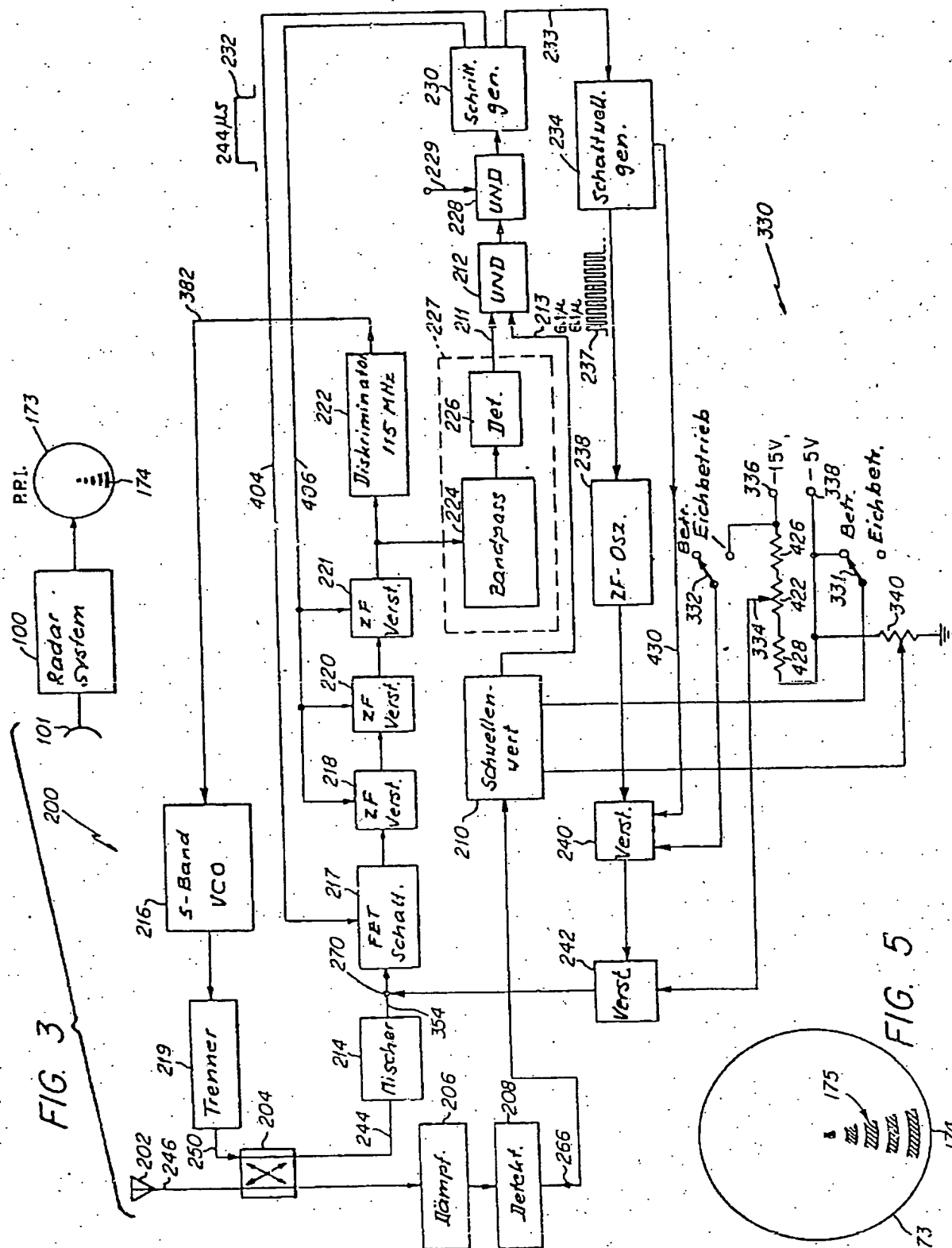


FIG. 2



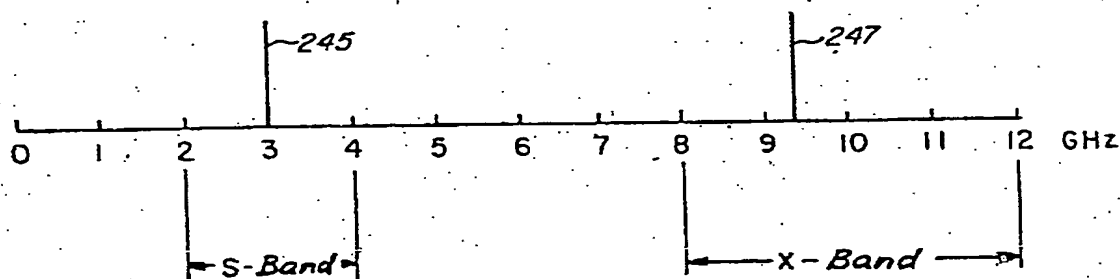


FIG. 4

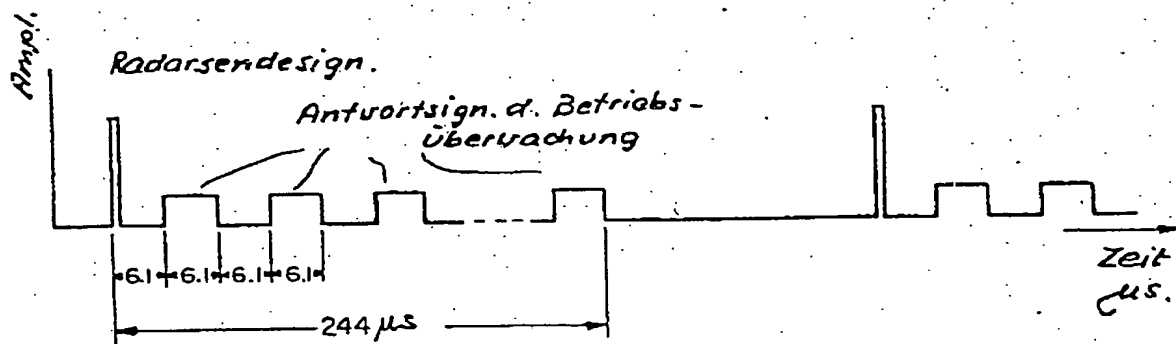


FIG. 12

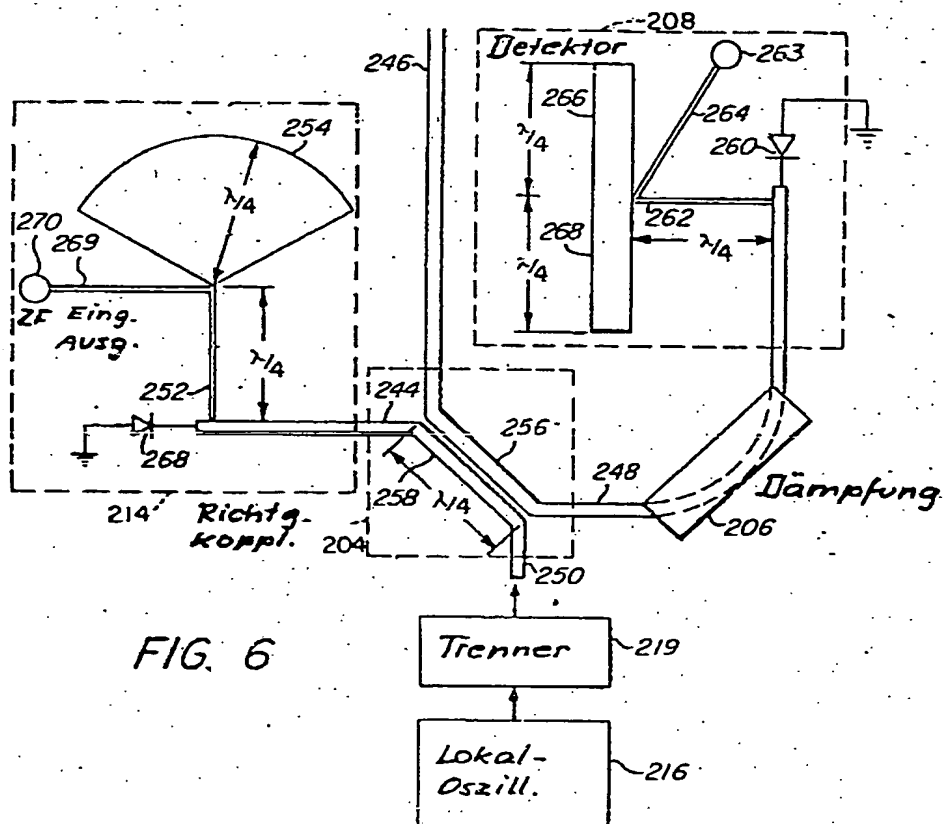


FIG. 6

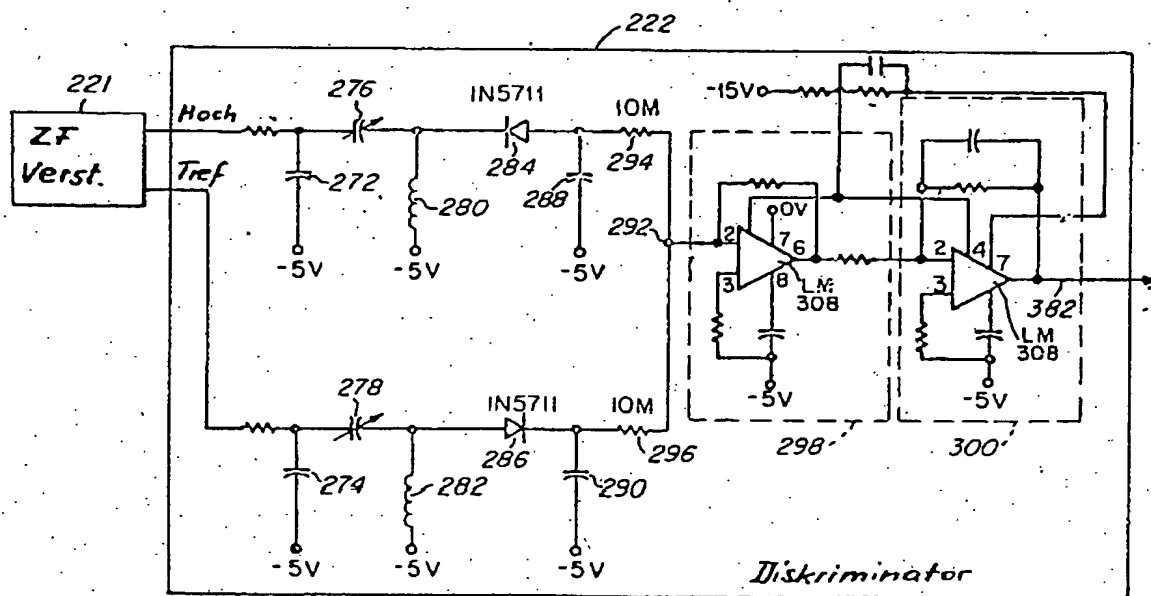


FIG. 7

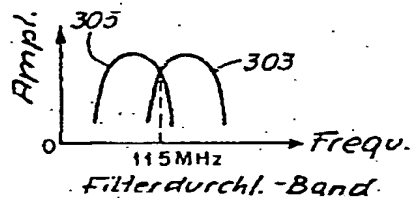


FIG. 8A

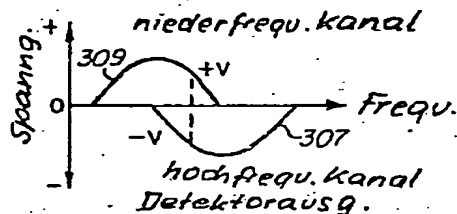


FIG. 8B

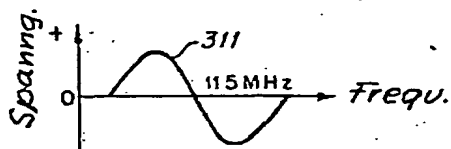


FIG 8C

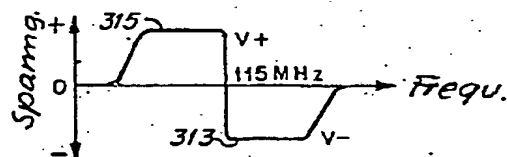


FIG 8D

Eing. von Begrenzer-Verst.

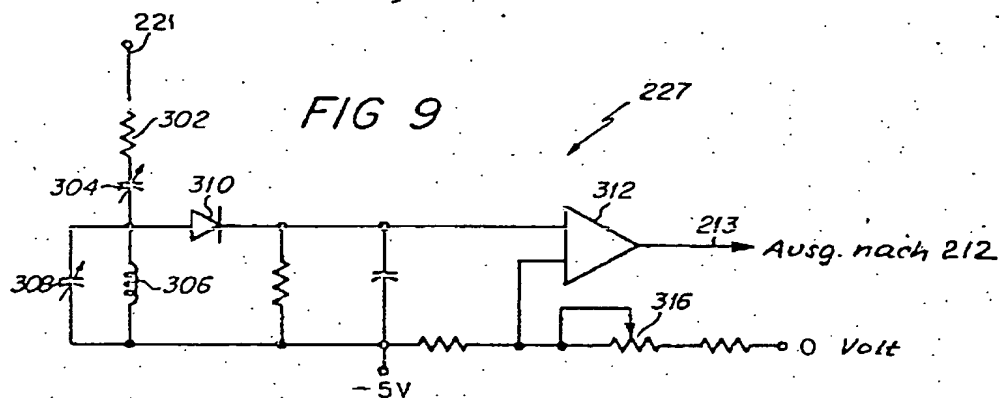


FIG 9

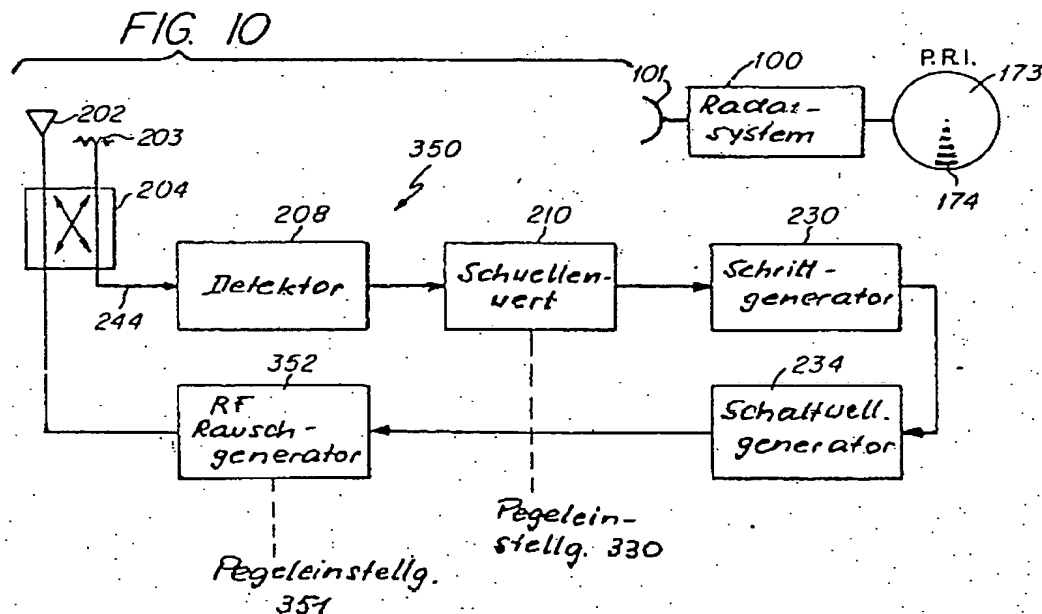


FIG. 10

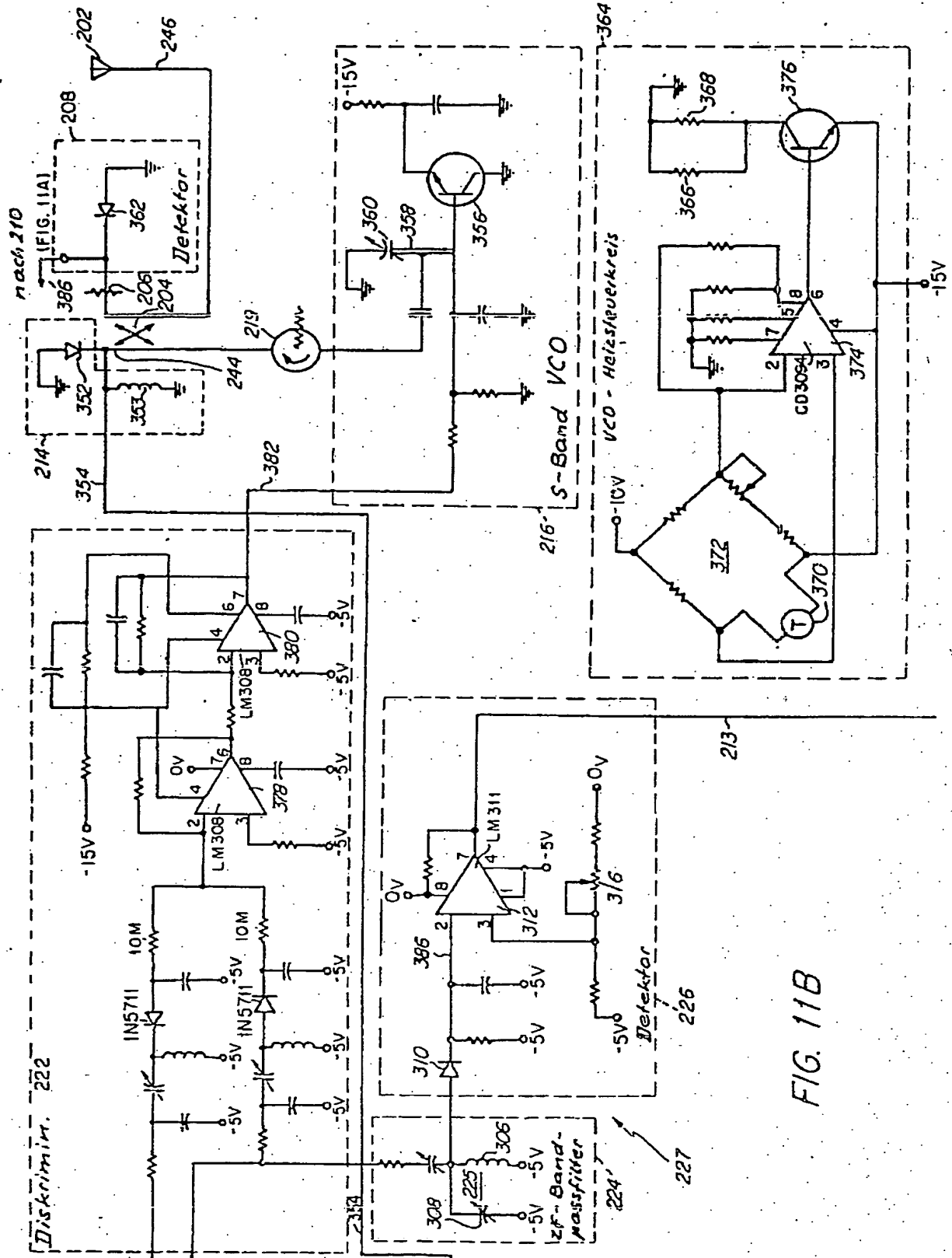


FIG. 11B

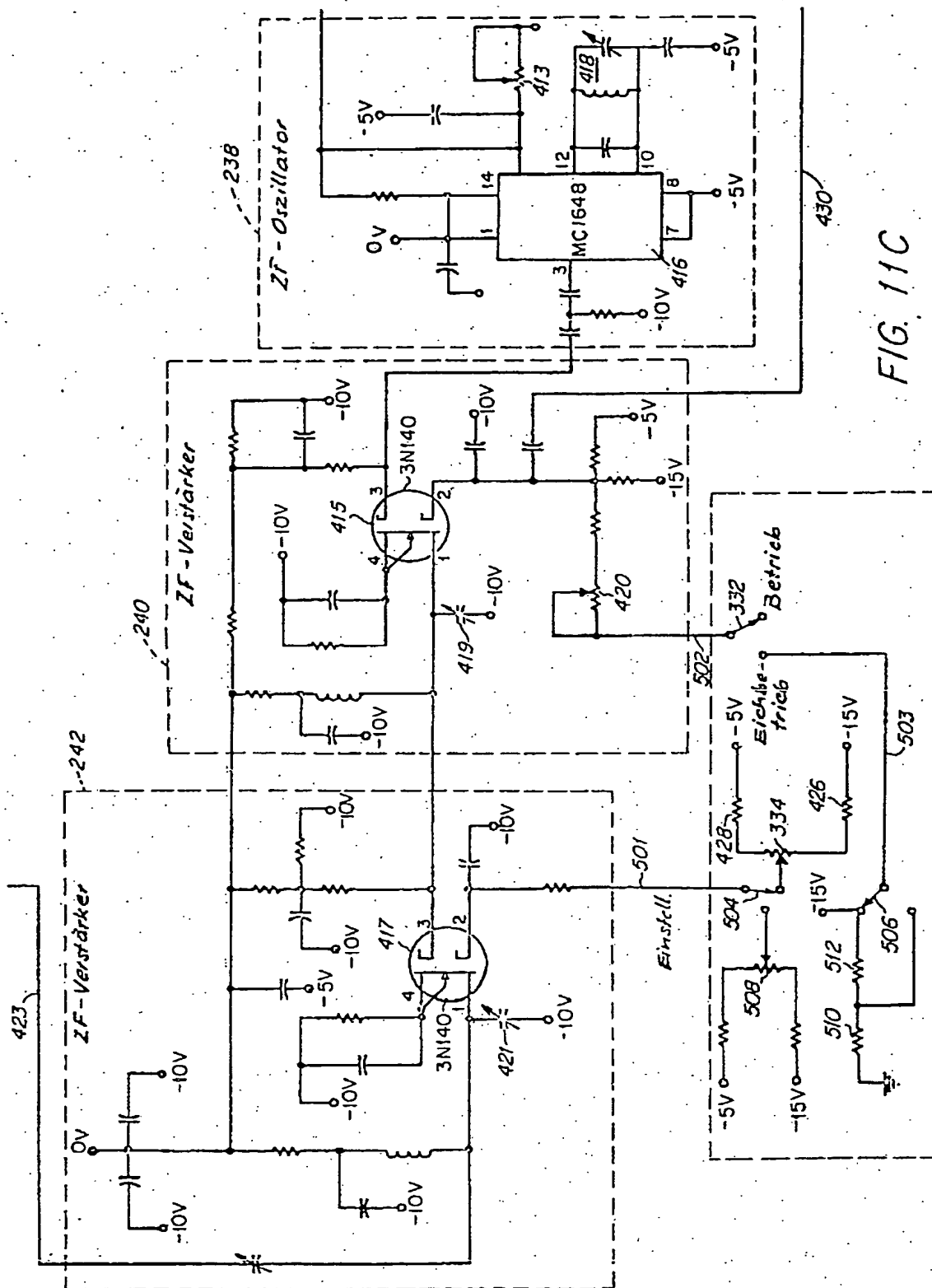


FIG. 11C

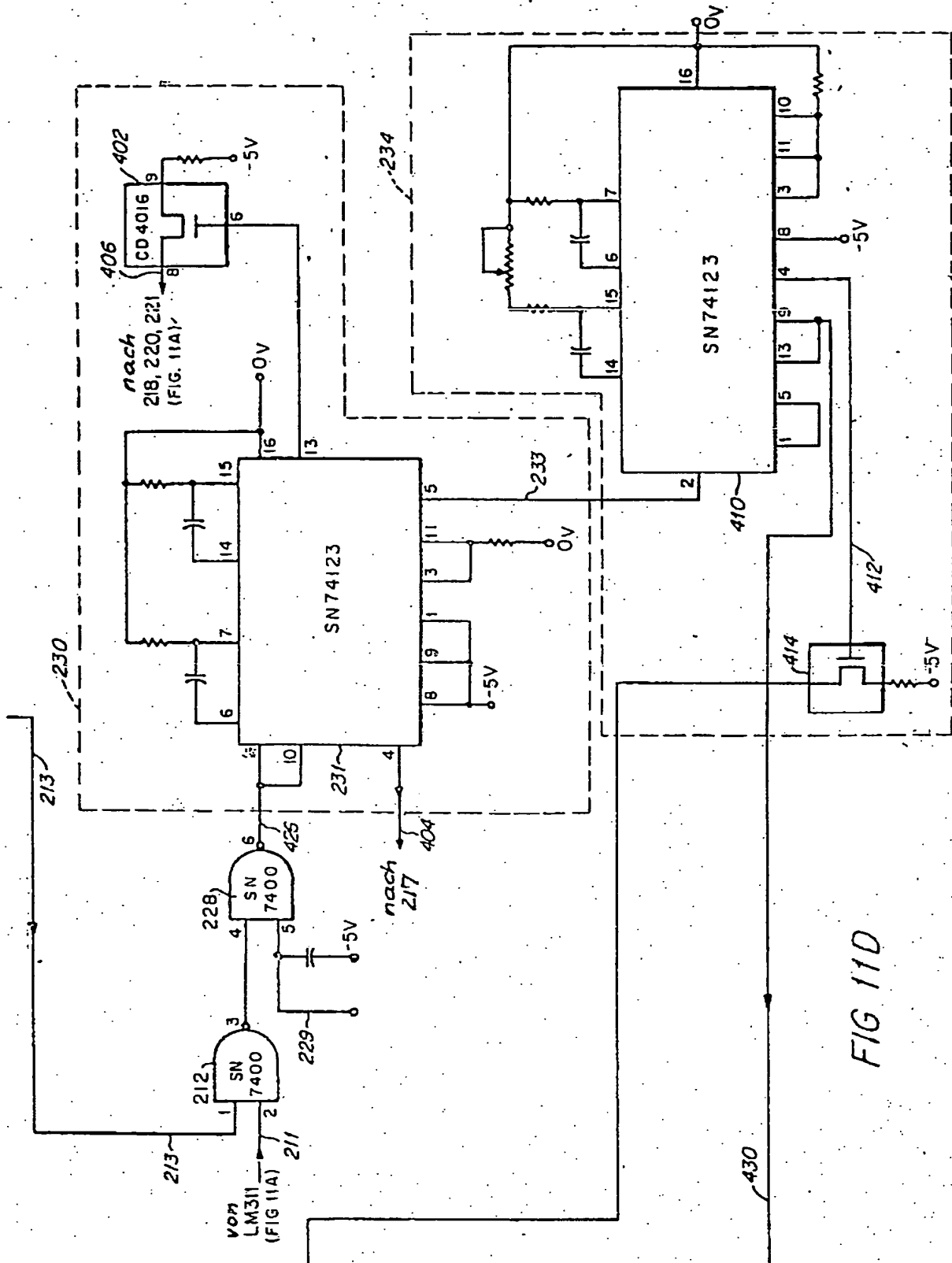


FIG 11D

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**